



EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA LOS RÍOS GUACHACA, BURITACA Y SU ZONA COSTERA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

DAYANA VANESSA ESCORCIA OSPINO

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA MARTA D.T.C.H.
2018**



EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS GUACHACA, BURITACA Y SU ZONA COSTERA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

DAYANA VANESSA ESCORCIA OSPINO

Informe de prácticas profesionales

Tutor

Mario Esteban Mejía Vives, Ingeniero Ambiental

Asesor

Lizbeth Janet Vivas Aguas, MSc., Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

SANTA MARTA D.T.C.H.

2018



AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco al INVEMAR en especial al Programa de Calidad Ambiental Marina por permitirme realizar mi práctica profesional en el instituto, fortalecer y adquirir nuevos aprendizajes en el campo laboral. Así mismo, al IDEAM y a la REDCAM por facilitar la información para el desarrollo de la propuesta de investigación. A Luis Vanegas, Isaac Romero, Max Martínez y Mary Ríos por la colaboración en diferentes etapas de este trabajo. Finalmente, agradezco a los asesores del informe de práctica profesional como opción de grado, Lizbeth Janet Vivas Aguas y Mario Esteban Mejía Vives por sus aportes que permitieron mejorarlo.



CONTENIDO

	pág.
1. PRESENTACIÓN	13
1.1 GENERALIDADES	13
1.2 DURACIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	18
4.1 GENERALIDADES	18
4.2 RESEÑA HISTÓRICA	19
4.3 MISIÓN.....	21
4.4 VISIÓN	21
4.5 OBJETIVOS	22



4.6	PRINCIPIOS.....	22
4.7	VALORES INSTITUCIONALES.....	23
4.8	ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO.....	24
4.9	MAPA DE PROCESOS DE LA ORGANIZACIÓN.....	26
5.	FUNCIONES DEL PRACTICANTE EN LA ORGANIZACIÓN	29
5.1	COMPILAR, ORGANIZAR Y DEPURAR INFORMACIÓN AMBIENTAL COSTERA PARA LOS PROYECTOS EN EJECUCIÓN DE LA LÍNEA PEM.....	29
5.2	DOCUMENTAR LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS DESARROLLADAS EN LA LÍNEA PEM.....	31
5.3	APOYAR LAS SALIDAS DE CAMPO, TALLERES Y REUNIONES DE LOS PROYECTOS DE LA LÍNEA PEM.....	32
6.	PROCESOS DE LA EMPRESA.....	35
6.1	TEMÁTICAS.....	35
7.	DIAGNÓSTICO	37
8.	PROPUESTA	40
8.1	METODOLOGÍA.....	40
8.1.1	Análisis de la variación temporal de la precipitación y del caudal de los ríos Guachaca y Buritaca	40



8.1.2	Determinación de los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca; y su zona costera.....	41
8.1.3	Evaluación de la influencia de la precipitación sobre los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca; y su influencia sobre la zona costera.....	41
9.	CRONOGRAMA	42
10.	PRESUPUESTO	43
11.	IMPACTOS ESPERADOS.....	44
12.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	45
12.1	ÁREA DE ESTUDIO	45
12.2	VARIACIÓN TEMPORAL DEL CAUDAL Y DE LA PRECIPITACIÓN EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS GUACHACA Y BURITACA.....	49
12.3	CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS GUACHACA Y BURITACA; Y LA ZONA COSTERA	54
12.4	INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS GUACHACA Y BURITACA; Y SU INFLUENCIA SOBRE LA ZONA COSTERA.....	79
13.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	84
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	85
	ANEXOS	93



ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Instalaciones del Invepar en Playa Salguero, Santa Marta	18
Figura 2. Ubicación del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés - INVEMAR	19
Figura 3. Estructura organizacional del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras .	24
Figura 4. Mapa de procesos del Sistema de Gestión de la Calidad del INVEMAR.....	28
Figura 5. Localización de la cuenca del río Guachaca	46
Figura 6. Localización de la cuenca del río Buritaca	46
Figura 7. Área de influencia de la zona costera entre río Mendiaguaca y Don Diego al norte del departamento del Magdalena.....	47
Figura 8. Estaciones de Frente de los ríos Guachaca, Buritaca y Don Diego, y de Playa Mendiaguaca y Buritaca; en la zona Buritaca	48
Figura 9. Precipitación media anual en las cuencas de los ríos Guachaca y Buritaca durante el periodo de 2005-2015	50
Figura 11. Variación del caudal medio anual de los ríos Guachaca y Buritaca de 2005-2015	53

Figura 12. Variación del caudal medio mensual de los ríos Buritaca, Guachaca y Palomino de 2005-2015	54
Figura 13. Concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L).....	57
Figura 14. Concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)	59
Figura 15. Concentraciones de nitritos (NO_2^-) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)	64
Figura 17. Concentraciones de ion amonio (NH_4^+) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L).....	66
Figura 18. Concentraciones de ortofosfatos (PO_4^{3-}) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L).....	67
Figura 19. Concentraciones de Coliformes termotolerantes (CTE) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)	68
Figura 20. Variación interanual de la carga (Kg/día) de fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{3-}) de los ríos Guachaca y Buritaca	69
Figura 21. Variación interanual de la carga (Kg/día) de sólidos suspendidos totales de los ríos Guachaca y Buritaca.....	67



Figura 22. Variación interanual de la carga (Kg/día) de sólidos suspendidos totales de los ríos Guachaca y Buritaca.....	71
Figura 23. ICAM _{PPF} de la estación Frente a Río Buritaca.....	75
Figura 24. ICAM _{PPF} de la estación Frente a Río Guachaca.....	76
Figura 25. ICAM _{PPF} de la estación Frente a Río Don Diego	76
Figura 26. ICAM _{PPF} de la estación Playa Buritaca.....	78
Figura 27. ICAM _{PPF} de la estación Playa Mendihuaca	79
Figura 28. ICAM para sólidos suspendidos totales en la estación Playa Buritaca	80
Figura 29. ICAM para nitratos en la estación Playa Buritaca	80
Figura 30. ICAM para Coliformes termotolerantes en la estación Playa Buritaca.....	81
Figura 31. ICAM para sólidos suspendidos totales en la estación Playa Mendihuaca.....	81
Figura 32. ICAM para nitratos en la estación Playa Mendihuaca	82
Figura 33. ICAM para Coliformes termotolerantes en la estación Playa Mendihuaca	82



ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Procesos del Sistema de Gestión de la Calidad del INVEMAR	27
Tabla 2. Principales actividades que afectan la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca en la zona costera del departamento del Magdalena.	38
Tabla 3. Información de las estaciones en los ríos Guachaca y Buritaca suministradas por el IDEAM	40
Tabla 4. Cronograma de funciones y actividades realizadas durante el periodo de práctica	42
Tabla 5. Presupuesto estimado para el desarrollo de la propuesta	43
Tabla 7. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para el oxígeno disuelto en los ríos Buritaca y Guachaca	58
Tabla 8. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para sólidos suspendidos totales en los ríos Buritaca y Guachaca	60
Tabla 9. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para conductividad en los ríos Buritaca y Guachaca	61
Tabla 10. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para pH en los ríos Buritaca y Guachaca	62



Tabla 11. Escalas de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PFF})..... 73

Tabla 12. Información de las estaciones costeras suministradas por la REDCAM..... 73



ÍNDICE DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Apoyo a visitas académicas.....	92
Anexo B. Salida de campo a la Isla Salamanca.....	94
Anexo C. Salida de campo REDCAM Magdalena (Río Don Diego - Río Cordoba)	96



1. PRESENTACIÓN

1.1 GENERALIDADES

El presente documento contiene el informe del desarrollo de la práctica profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, realizada por Dayana Vanessa Escorcía Ospino en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR como opción de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Las prácticas profesionales del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria permiten a la Universidad del Magdalena proyectar su extensión más allá del departamento y además permite:

- ✓ Aplicar los conocimientos, destrezas y competencias desarrolladas durante el proceso formativo en la universidad, a situaciones específicas en el campo laboral.
- ✓ Establecer vínculos entre la universidad y otros sectores de la región, tanto público como privado, para la puesta en marcha de convenios que permitan el desarrollo de prácticas profesionales de futuros estudiantes.
- ✓ Apropiar las experiencias obtenidas en la práctica profesional para desarrollar competencias, habilidades, destrezas y criterios que propiciarán oportunidades para la realización profesional del estudiante.



1.2 DURACIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL

La práctica profesional se ejecutó durante un periodo de 23 semanas con una intensidad horaria mínima de 40 horas semanales. Se efectuaron desde el 9 de abril hasta el 28 de septiembre de 2018 según lo estipulado en el acta de legalización de prácticas profesionales en la oficina de la Dirección de Prácticas Profesionales DIPPRO de la Universidad del Magdalena.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la precipitación sobre la calidad del agua de los ríos Guachaca, Buritaca y su zona costera en el departamento del Magdalena.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la variación temporal del caudal de los ríos Guachaca y Buritaca; y de la precipitación en sus cuencas.
2. Determinar los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca; y su zona costera.
3. Evaluar la influencia de la precipitación sobre los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca; y su influencia sobre la zona costera.

3. JUSTIFICACIÓN

La zona costera del departamento del Magdalena cuenta con una gran biodiversidad marino costera que hace parte de la riqueza natural del país que provee alimento y brinda resguardo a gran variedad de organismos; sin embargo, las diversas actividades socioeconómicas que se desarrollan representan fuentes de contaminación marina que pueden atentar en diferentes escalas contra el equilibrio ecológico de los ecosistemas y producir cambios en el entorno natural ([INVEMAR, 2017](#)). Estas zonas son de vital importancia y ayudan a amortiguar los impactos producidos por alteraciones climáticas, además de contribuir con el almacenamiento y procesamiento de nutrientes debido a que continuamente reciben aportes de agua dulce y materia orgánica que proviene de los ríos ([Barrios y Rojas, s.f.](#)). Por ello los ríos son la principal vía de transporte y entrada de residuos orgánicos tóxicos, metales pesados, sedimentos, microorganismos y nutrientes a los ambientes marino-costeros ([Garay et al., 2001](#)).

En los ríos que desembocan en el mar se origina cerca del 80% de los contaminantes que afectan las franjas costeras. Los ríos concentran los contaminantes que captan de las cuencas hidrográficas en algunos puntos clave en la costa marina, donde existen ecosistemas altamente sensibles para la reproducción de especies tanto de agua dulce como salada ([Kramer, Chouhury y Kampa, 2000](#)). Todo esto ocasiona alteración de las funciones ecológicas, reducción de la diversidad biológica, daño a los hábitats acuáticos y contaminación de los cauces bajos y ecosistemas marinos, y efectos en la salud humana ([Escobar, 2002](#)).

Teniendo en cuenta que el Invemar realiza monitoreo a la calidad del agua de esta zona a través de la REDCAM, esta propuesta permitirá aportar conocimiento relacionado con la influencia que tiene la variabilidad climática (principalmente la



precipitación) de los ríos Guachaca y Buritaca sobre la calidad del agua marina en la zona costera del departamento del Magdalena, y por consiguiente servirá de herramienta para la toma de decisiones y guía para la formulación de pautas o directrices que contribuyan al mejoramiento de las condiciones ambientales en la zona costera.

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ¹

4.1 GENERALIDADES

Invemar es una Corporación Civil sin ánimo de lucro regida por las normas del derecho privado y en especial por sus estatutos internos, vinculada al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; de acuerdo con lo establecido en el artículo 18 de la Ley 99 de 1993 y Decreto reglamentario 1276 de 1994, recogido por el Decreto Único del sector Ambiente No. 1076 de 2015.

La sede principal del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” se encuentra ubicada en Playa Salguero, Santa Marta, desde abril de 2013. El área total de la sede es de 48.585 m² de los cuales 19.611 lo componen oficinas, laboratorios, auditorios, parqueaderos, bodegas y talleres. El espacio restante está destinado a zonas verdes (Figura 1, Figura 2).

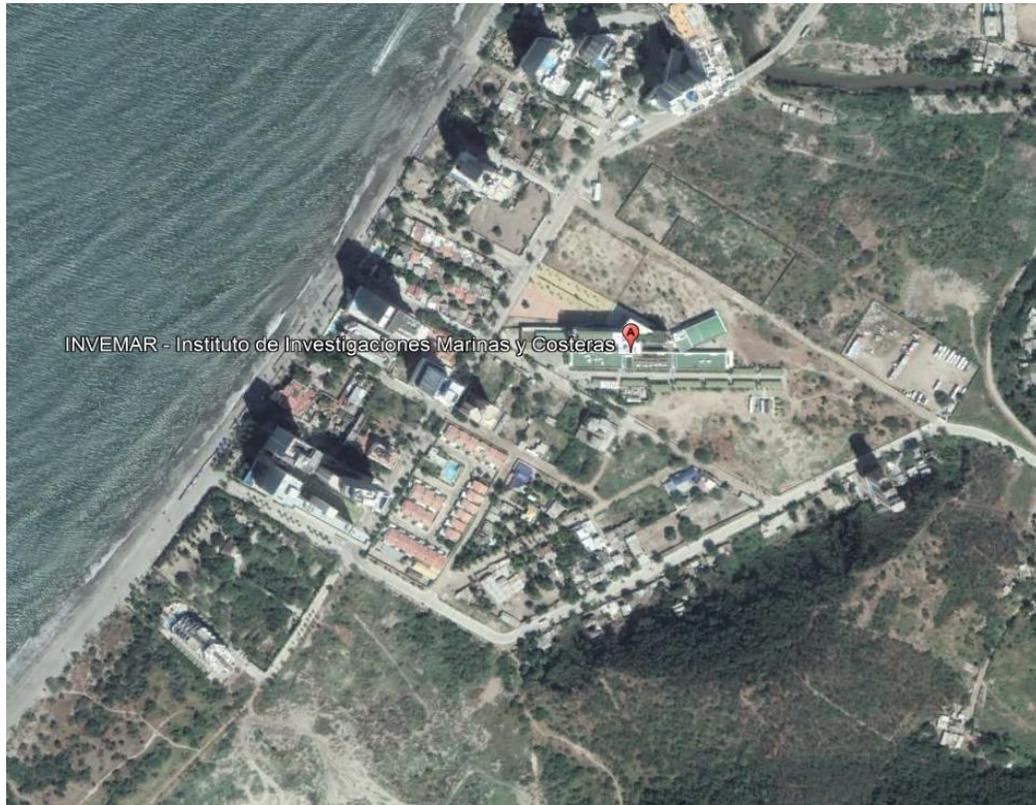
Figura 1. Instalaciones del Invemar en Playa Salguero, Santa Marta



Fuente www.invemar.org.co

¹ Información tomada de www.invemar.org.co

Figura 2. Ubicaci3n del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andr es - INVEMAR



Fuente Google Earth.

4.2 RESEÑA HIST3RICA

Anteriormente el Invemar tenía sus oficinas en Punta Bet n, en memoria del Ingeniero militar Juan Bet n, quien en 1693 construy3 en la punta del cerro del Veladero, el Fuerte de Nuestra Señora de la Caridad, el cual por no considerarse como un emplazamiento estratégico fue abandonado en favor del fuerte de San Vicente construido en el extremo opuesto. En 1724, por orden del gobernador de la provincia de Santa Marta, es reconstruido y ampliado agregándosele un cuartel y una atalaya, así mismo dispone que se mantenga en su interior una cantidad suficiente de víveres y enseres para afrontar las necesidades más urgentes en caso de asedio prolongado. Al conjunto se le denomin3 Fortaleza de San Felipe.

En varios intervalos de tiempo se pierde el registro de este lugar, al parecer la fortaleza fue abandonada hacia la mitad del siglo XIX. A fines de los 50 y comienzo de los 60 se construyó usando como base la vieja fortaleza, un local social con terrazas y salones para baile y otros menesteres más íntimos. Como durante la misma época fue iniciada la urbanización del Rodadero, la hostería punta de Betín perdió su atractivo, como también lo perdió, su vecino más próximo, el popular barrio Ancón cuyos terrenos terminarían formando parte del puerto comercial de Santa Marta.

Fue este lugar el escogido, en 1963 por tres profesores de la Universidad de Justug Liebig de Giessen, Alemania, quienes visitaban Santa Marta como invitados de la Universidad de los Andes, para que fuera la sede del centro de investigaciones tropicales, que observara y describiera de manera sistemática clima, geología, flora, fauna de la región, centrados principalmente en la Sierra Nevada.

La propuesta fue apoyada decididamente por el Estado de Hessen, el consulado alemán, y el Sr. José Vives, alcalde de Santa Marta, gobernador y senador del Magdalena. Se concretó así el Instituto de Investigaciones Colombo-Alemán de Punta Betín (ICAL). La Universidad de los Andes fungió entonces como representante legal en el contrato de arrendamiento de la edificación con el departamento del Magdalena, además de que se comprometió a pagar los sueldos de los empleados colombianos (dos empleadas del servicio y dos auxiliares de laboratorio). Su primer director fue el Dr. h. c. W. Ankel.

Para el año de 1967 y con fondos de la fundación Volkswagen, se alcanzaron varios logros importantes: adecuar la infraestructura técnica de los laboratorios del Instituto, complementada con una casa de huéspedes para trece personas, comprada a un médico español y ubicada hacia el sudoeste de la península de Betín, lugar en donde funcionaba un restaurante y actualmente funciona la



dirección del Instituto. La adquisición del primer barco de observación, un cúter camaronero alemán, construido en 1959 y traído desde el mar del norte sobre la cubierta de un carguero, recibido en diciembre y bautizado con el nombre de "tortuga", probablemente debido a que su motor, a fin de evitar el recalentamiento, se había ajustado de modo que desarrollara una velocidad máxima de ocho nudos (14 km/h aproximadamente). El Tortuga naufragaría en las aguas de la bahía de Santa Marta, mientras intentaba auxiliar una lancha de la Policía Portuaria, sería reemplazado por un barco similar el Tortuga II, este último fue entregado en donación al SENA de Cartagena y reemplazado en 1986 por la motonave actual: el Ancón.

4.3 MISIÓN

Realizar investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos de interés nacional con el fin de proporcionar el conocimiento científico necesario para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos que conduzcan al desarrollo de estas, dirigidos al manejo sostenible de los recursos, a la recuperación del medio ambiente marino y costero y al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos, mediante el empleo racional de la capacidad científica del Instituto y su articulación con otras entidades públicas y privadas.

4.4 VISIÓN

Ser una institución científica de excelencia, reconocida en el ámbito nacional e internacional por su altísima calidad y liderazgo en sus actividades de investigación básica y aplicada y su compromiso con el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros. El INVEMAR deberá estar conformado por un grupo humano comprometido, altamente calificado y con

valores éticos que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.

4.5 OBJETIVOS

- Dar apoyo científico y técnico al Sistema Nacional Ambiental (SINA), en los aspectos de competencia del INVEMAR.
- Realizar investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables, el medio ambiente y los ecosistemas costeros y oceánicos, con énfasis en la investigación de aquellos sistemas con mayor diversidad y productividad como lagunas costeras, manglares, praderas de fanerógamas, arrecifes rocosos y coralinos, zonas de surgencia y fondos sedimentarios.
- Emitir conceptos técnicos sobre la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros.
- Colaborar con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de acuerdo con sus pautas y directrices, en la promoción, creación y coordinación de una red de centros de investigación marina, en la que participen las entidades que desarrollen actividades de investigación en los litorales y los mares colombianos, propendiendo por el aprovechamiento racional de la capacidad científica de que dispone el país en ese campo.
- Cumplir con los objetivos que se establezcan para el Sistema de Investigación Ambiental en el área de su competencia.
- Los demás que le otorgue la ley y le fije el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

4.6 PRINCIPIOS

Calidad, trabajo en equipo, autocontrol, autorregulación y autogestión.

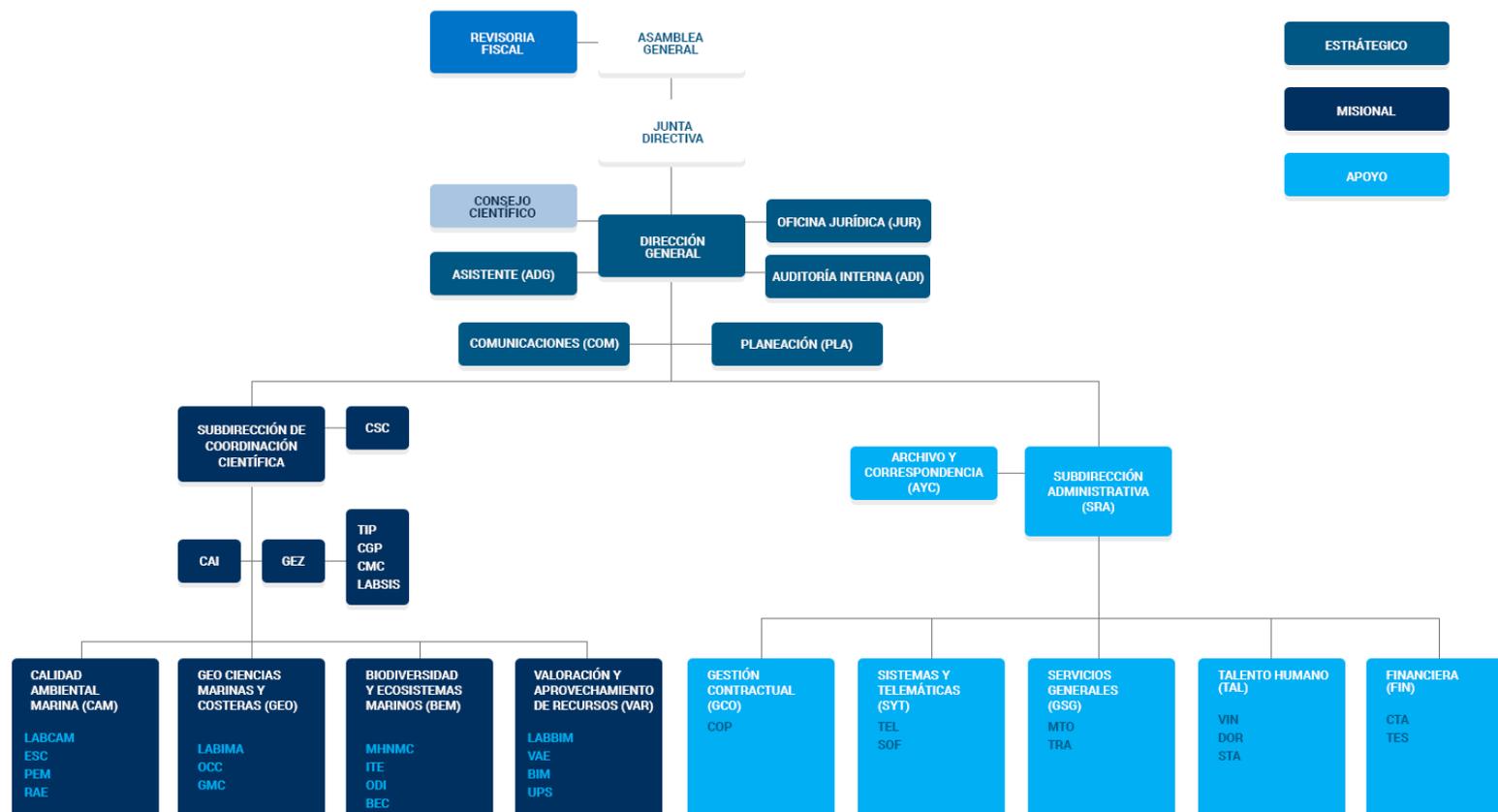


4.7 VALORES INSTITUCIONALES

Responsabilidad, respeto, trabajo creativo, solidaridad y confianza.

4.8 ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO

Figura 3. Estructura organizacional del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras



Fuente www.invemar.org.co



El InveMar posee una estructura orgánica firmemente definida (Figura 3) que lo organiza en dos subdirecciones principales: la Subdirección de coordinación científica y la Subdirección administrativa; y tres coordinaciones: Servicios científicos, Investigación e información para la gestión marina y costera, y coordinación académica.

Cuenta con cuatro programas de investigación orientados a realizar investigación básica y aplicada en las temáticas de: Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM), Geociencias Marinas y Costeras (GEO), Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos Vivos (VAR) y Calidad Ambiental Marina (CAM).

Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM): Se encarga de avanzar en el inventario de la biodiversidad marina nacional, así como caracterizar la estructura y función de la biodiversidad a diferentes niveles de organización biológica (desde genes hasta ecosistemas). Establece las bases técnicas para poder definir medidas y estrategias para la conservación de especies y ecosistemas amenazados o vulnerables, e identifica y analiza el riesgo potencial de las especies marinas invasoras como una amenaza a la salud de la biodiversidad del país.

Geociencias Marinas (GEO): Se encarga del estudio de las fuerzas físicas oceánicas para entender las interrelaciones entre los ecosistemas y el ambiente marino. Oceanografía, climatología, vulnerabilidad costera, geoquímica, acidificación oceánica, geomorfología entre otras áreas, enmarcan las actividades de investigación con la comunidad. El desarrollo de la investigación básica y aplicada que realiza GEO con instrumentos de alta tecnología, contribuye al conocimiento oportuno y efectivo de los mares y costas, así como el eficiente manejo de sus recursos.



Valoración y Aprovechamiento de los Recursos Marinos y costeros (VAR):

Se encarga de evaluar el estado y valorar el potencial biológico, económico y social de los recursos naturales marinos y costeros para su conservación y aprovechamiento sostenible. Aplicando instrumentos de análisis interdisciplinarios, el programa genera investigación básica y aplicada para proponer sistemas de uso sostenible, desarrollar tecnologías de producción limpia y asesorar la toma de decisiones y formulación de políticas para el desarrollo económico sustentable de la biodiversidad.

Calidad Ambiental Marina (CAM): Se encarga de aportar conocimiento sobre las características ambientales y los impactos de los factores naturales y antropogénicos, sobre los ecosistemas marinos y costeros; identificando, evaluando y priorizando las causas, los efectos y las posibles acciones de prevención y mitigación de las tensiones que los degradan o deterioran, y proponiendo acciones de rehabilitación o restauración cuando corresponda.

La práctica profesional fue desarrollada en el programa de *Calidad Ambiental Marina (CAM)* en la Línea de Prevención y Protección de los Ecosistemas Marinos y Costeros (PEM), a cargo de la Ingeniera Lizbeth Janet Vivas Aguas.

4.9 MAPA DE PROCESOS DE LA ORGANIZACIÓN

El Instituto ha diseñado y aplica un enfoque para la gestión, evaluación y toma de decisiones que permite monitorear el cumplimiento de los objetivos trazados en los planes, programas y procesos, promoviendo el mejoramiento continuo. Este enfoque le permite al Instituto controlar el comportamiento de factores críticos en la ejecución de actividades y a través del análisis determinar tendencias de cambio en relación con el logro de los objetivos y metas previstas y realizar las intervenciones y acciones de mejoras necesarias.



El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés – INVEMAR, en cabeza de su Director General y con el fin de asegurarse de la eficaz, eficiente y efectiva planificación, operación y control de sus procesos, ha implementado un Sistema de Gestión de la Calidad basado en procesos (Figura 4, Tabla 1), el cual tiene como base fundamental la satisfacción del cliente y la mejora continua.

Para garantizar el mantenimiento eficaz del SGC, se adelantan desde diciembre de 2008 auditorías internas de calidad, a través de estas se han identificado oportunidades de mejora e implementado, acciones encaminadas a alcanzar los Objetivos de Calidad, los cuales se encuentran enmarcados bajo los lineamientos de la Directriz de Calidad.

Tabla 1. Procesos del Sistema de Gestión de la Calidad del INVEMAR

Procesos gerenciales	<ul style="list-style-type: none">- Planeación estratégica- Revisión gerencial
Procesos misionales	<ul style="list-style-type: none">- Gestión de investigación- Gestión de información- Elaboración de conceptos
Procesos de apoyo	<ul style="list-style-type: none">- Gestión humana- Gestión administrativa y financiera- Gestión de recursos físicos
Procesos de evaluación	<ul style="list-style-type: none">- Evaluación independiente

Fuente www.invemar.org.co

Figura 4. Mapa de procesos del Sistema de Gestión de la Calidad del INVEMAR



Fuente www.invemar.org.co

5. FUNCIONES DEL PRACTICANTE EN LA ORGANIZACIÓN

Las actividades desarrolladas durante la práctica profesional en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR fueron distribuidas en tres funciones generales, y son las siguientes:

5.1 COMPILAR, ORGANIZAR Y DEPURAR INFORMACIÓN AMBIENTAL COSTERA PARA LOS PROYECTOS EN EJECUCIÓN DE LA LÍNEA PEM

Actividad 1: Fue compilada y organizada una matriz en Excel de instrumentos, planes e iniciativas tales como proyectos de compensación, restauración y mitigación, leyes y normativas, ordenamiento, medidas de manejo y estudios de impacto ambiental, entre otros para el manejo y restauración de ecosistemas utilizando información bibliográfica relacionada con la Bahía de Cartagena en el marco del Componente Restauración Ecológica Bahía de Cartagena / Convenio MADS-INVEMAR No. 659 de 2017.

Actividad 2: Fue depurada y organizada en una base de datos de Excel, información relacionada con eutrofización para los departamentos del Magdalena y Bolívar en las épocas seca, de transición y lluviosa con datos disponibles de las variables Clorofila, Fósforo total, Nitratos, Nitritos, Ortofosfatos y Porcentaje de Saturación de Oxígeno. Para el primer departamento, se utilizaron datos de las estaciones P. Municipal, Cabotaje (calle 10), Boya 2, P. Batallón, F. Manzanares y Puente Calle 22 ubicadas en Santa Marta. Para el segundo, se utilizaron las estaciones Boya 41, F. Emisario, Astillero Naval, Alcalis, Roja F. Coreca, B. Canal del Dique, Canal del Dique, Roja Bocachica, Verde F. Caño Loro y Verde Polvorín ubicadas en la Bahía de Cartagena. Toda la información fue organizada por año y en columnas (sector, estación, año, mes, muestreo, variable y valor).



Actividad 3: Se compiló información de caracterizaciones de vertimientos domésticos e industriales de empresas ubicadas en las áreas aledañas a la Bahía de Cartagena en una base de datos de Excel, estos datos fueron proporcionados por entidades como el Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA), la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE), Corpamag, Corponariño, Corpoguajira, Coralina e Invemar. Además se elaboró como complemento a esta base de datos una nueva categoría donde se adicionaron las caracterizaciones realizadas para agua marina de la Universidad EAFIT.

Actividad 4: Se revisaron las medidas de manejo existentes, aplicadas, pendientes por ejecutar y propuestas por las ONGs, autoridades y expertos de las mesas de trabajo realizadas por el Invemar en la Universidad de Cartagena para la recuperación de la Bahía y, fueron compiladas y organizadas en un documento Excel para identificar las similitudes entre todas las organizaciones o entidades. Además se utilizó una tabla en Excel fundamentada en líneas de acción e instrumentos de manejo y los posibles proyectos encaminados a la restauración ecológica, para compararlas con las medidas de manejo obtenidas a partir de los talleres durante las mesas de trabajo.

Actividad 5: Se hizo la búsqueda de información de apoyo para definir las medidas de manejo ambiental aplicables a la Bahía de Cartagena con sus respectivos indicadores. Durante el proceso de selección de las medidas, estas fueron elaboradas por sectores económicos, por componentes y por zonas para dar respuesta al objetivo del proyecto en el marco del Componente Restauración Ecológica Bahía de Cartagena / Convenio MADS-INVEMAR No. 659 de 2017.

5.2 DOCUMENTAR LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS DESARROLLADAS EN LA LÍNEA PEM

Actividad 1: Se llevó a cabo la revisión de fuentes para la gestión de recursos de cooperación internacional en la búsqueda de convocatorias de proyectos para aplicar en la línea PEM en páginas de internet entre las cuales se mencionan RACI, NODOKA, Gestionándote, Innpactia, Más Oportunidades y REGATTA; relacionadas con temas enfocados al impacto ambiental, vulnerabilidad, eutrofización, ecosistemas marinos y costeros, alteraciones antropogénicas, entre otros. La información encontrada fue plasmada en diapositivas para su presentación a todos los investigadores y jefe de la línea. En cada una de ellas se tuvo en cuenta el tema principal, las temáticas o líneas de enfoque, duración del proyecto, fecha de cierre de la convocatoria, aliados, presupuesto y requisitos para poder participar.

Actividad 2: Fue elaborado un documento de Word con sugerencias/recomendaciones para mejorar el módulo de la plataforma online para el cálculo del ICAM y el nuevo geovisor de la REDCAM. Adicionalmente en otro formato de Word se plasmaron ideas nuevas tomadas de dos geovisores, el primero sobre calidad de aguas en España y el segundo de la UNESCO sobre monitoreo de calidad de aguas a nivel mundial. Ambos documentos fueron presentados con pantallazos que mostraban el lugar de la página donde se hacía la respectiva observación.

Actividad 3: Fue realizada la custodia de los datos del proyecto Bahía Cartagena en el marco del Componente Restauración Ecológica Bahía de Cartagena / Convenio MADS-INVEMAR No. 659 de 2017, para ello se organizaron y llenaron los formatos de Excel suministrados por LABSIS con registros fotográficos de las salidas de campo del proyecto, información de las estaciones de muestreo de aguas, sedimentos y organismos, bibliografía utilizada en los resultados del

informe final (análisis bibliométrico) y fuentes terrestres de contaminación marina identificados.

Actividad 4: Fue apoyada la preparación y envío de las invitaciones (en físico y vía correo electrónico) a las instituciones, académicos y ONGs competentes en el tema ambiental de la Bahía de Cartagena, para las mesas de trabajo (talleres) y socialización de resultados del Componente Restauración Ecológica Bahía de Cartagena/Convenio MADS-INVEMAR No. 659 de 2017.

5.3 APOYAR LAS SALIDAS DE CAMPO, TALLERES Y REUNIONES DE LOS PROYECTOS DE LA LÍNEA PEM

Actividad 1: Fueron apoyadas las reuniones de la línea PEM relacionadas con el Convenio MADS-INVEMAR No. 659 y Corpamag 211 de 2017; de igual manera la preparación y envío de las invitaciones (en físico y vía correo electrónico) a las instituciones, académicos y ONGs competentes en el tema ambiental de la Bahía de Cartagena, para las mesas de trabajo (talleres) y socialización de resultados del Componente Restauración Ecológica Bahía de Cartagena/Convenio MADS-INVEMAR No. 659 de 2017, la atención de llamadas y confirmación de asistencia de las entidades participantes.

Actividad 2: Se realizó la socialización final de los resultados del Componente Restauración Ecológica de la Bahía de Cartagena en el Hotel Caribe de Cartagena de Indias, la actividad se distribuyó en dos jornadas (mañana y tarde), para la primera asistieron instituciones como CARDIQUE, EPA Cartagena, Ministerio de Ambiente, entre otras; y la segunda se realizó con académicos (Universidad de Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar) y ONGs (Salvemos Varadero, Serena del Mar, etc.).



Actividad 3: Fueron apoyadas dos salidas de campo. La primera se llevó a cabo el 21 de agosto en la Isla Salamanca en la que fueron tomados registros fotográficos y se diligenció la planilla con los datos de parámetros in situ para todas las muestras tomadas en los puntos de monitoreo. La segunda se desarrolló el 27 de agosto con el proyecto REDCAM Magdalena en un recorrido desde el río Don Diego hasta el río Córdoba, y realicé apoyo en el manejo de equipos y medición de parámetros in situ (oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, salinidad, conductividad, pH, temperatura).

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Además de las actividades previamente descritas, como actividad complementaria asignada por parte de la Coordinación Académica del InveMar (CAI) fue realizado el servicio social, el cual estuvo enfocado de la siguiente manera:

Apoyo a visitas académicas: Se realizó apoyo a tres visitas académicas en las instalaciones del InveMar distribuidas en los meses de abril, mayo y septiembre; dos de ellas con estudiantes de la Universidad del Magdalena y otra con la Corporación Universitaria Lasallista de Caldas, Antioquia. Cada visita consistió en una presentación en el auditorio elaborada por la Coordinadora Académica Ingrid Granados Galván, seguido de un recorrido por la unidad de laboratorios (Bioprospección marina, Instrumentación Marina, Calidad Ambiental Marina) y el Museo de Historia Natural Marina de Colombia - Makuriwa, y finalizando con las fotografías grupales y cierre en la Plazoleta de la Biodiversidad. Se ayudó con el listado de asistencia y el manejo del grupo durante todo el recorrido.

Jornada de limpieza de playas: El día 15 de septiembre se realizó una jornada de limpieza de playa en la desembocadura del río Gaira en Salguero con motivo del Día Internacional de Limpieza de Playas. Se dispuso del apoyo de la Gobernación del Magdalena y Corpamag para sensibilización de las poblaciones



aledañas, y también de la comunidad invemarina de los diferentes programas de investigación (trabajadores y estudiantes pasantes) para limpieza submarina y en tierra.

6. PROCESOS DE LA EMPRESA ²

El propósito de la línea de Prevención y Protección de los Ecosistemas Marinos y Costeros – PEM es identificar y evaluar los posibles impactos de origen natural y antropogénico en los ecosistemas marinos y costeros. En este contexto, la línea establece estrategias para predecir y minimizar los efectos de los impactos, considerando el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas. Es decir, realiza atención a emergencias ambientales en mares y costas para proponer planes de contingencia, evalúa los impactos de eventos naturales y antropogénicos para formular advertencias tempranas, evalúa la vulnerabilidad y riesgo para amenazas ambientales en áreas marinas costeras y formula medidas para la prevención y protección de los ecosistemas marinos contra los impactos antropogénicos.

6.1 TEMÁTICAS

- Generar mecanismos para la emisión de alertas tempranas frente a posibles impactos producto de actividades antrópicas o eventos naturales.
- Generar las bases técnico-científicas para formular planes de contingencia frente a emergencias ambientales en zonas costeras y marinas.
- Proponer valores de referencias de parámetros indicadores de calidad para aguas y sedimentos marinos y costeros.
- Determinar el grado de vulnerabilidad de ecosistemas marinos y costeros frente a amenazas naturales y antrópicas.

² Información tomada de www.invemar.org.co



- Formulación, validación e implementación de indicadores de calidad ambiental marina y costera, incluyendo indicadores biológicos.
- Desarrollar y aplicar modelos para estudiar la calidad de las aguas marino-costeras.

7. DIAGNÓSTICO

La zona norte del departamento del Magdalena se extiende desde la frontera de La Guajira pasando por la desembocadura de los ríos Don Diego, Buritaca, Guachaca, Mendihuaca hasta el río Piedras ([INVEMAR y MADS, 2011](#); [Vivas-Aguas et al., 2012](#)). Esta zona se compone de diversos ecosistemas marino-costeros que a su vez son influenciados por los vertimientos que generan las fuentes de contaminación terrestre provenientes de las actividades socioeconómicas aledañas y las descargas de los ríos que desembocan en el sector ([INVEMAR, 2017](#)).

La contaminación producida por las actividades que tienen lugar en tierra y que por el efecto de captación de agua que tienen las cuencas hidrográficas, generan efectos concentrados en las desembocaduras de los ríos, en las zonas costeras y mares adyacentes; está directamente relacionada con la alteración y destrucción del hábitat, los efectos en la salud humana, la eutrofización, la disminución de las poblaciones de peces y otros recursos vivos ([Escobar, 2002](#)).

Los ríos Guachaca y Buritaca contribuyen tanto en el transporte de nutrientes desde la zona continental hacia la zona marina como en el transporte de contaminantes a la misma, representando la principal fuente de introducción de contaminantes a los sistemas marinos ([Barrios y Rojas, s.f.](#)). A continuación se presentan las principales actividades que afectan la calidad del agua de estos ríos en la zona costera del departamento del Magdalena (Tabla 2).

Tabla 2. Principales actividades que afectan la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca en la zona costera del departamento del Magdalena.

Tipo de actividad	Sector	Procedimientos realizados	Residuos generados
Industrial	Agrícola	Cultivos de palma africana, banano, arroz riego, maíz, frutales, cítricos, yuca, tomate	Contaminantes orgánicos, Fertilizantes, agroquímicos, residuos sólidos.
	Pecuaría	Ganadería intensiva	Sólidos en suspensión, microorganismos de origen fecal, nutrientes, materia orgánica, etc.
Comercio y Servicios	Turismo	Hoteles, restaurantes, actividades recreativas en línea de costa.	Materia orgánica, microorganismos, residuos sólidos.
	Tráfico y arribo de lanchas	Estaciones de servicio, mantenimiento y lavado de automotores.	Hidrocarburos, residuos oleosos, materia orgánica, etc.
Social	Asentamientos humanos	Residuos ordinarios y aguas residuales domésticas.	Materia orgánica, sedimentos, microorganismos de origen fecal, sólidos en suspensión, grasas y aceites, Hidrocarburos, agroquímicos, Metales pesados, compuestos sintéticos (Detergentes).
Otros	Escorrentías	Escorrentías agrícolas, pecuarias y fluviales y desagüe de ríos, caños y/o arroyos.	Nutrientes, materia orgánica, metales pesados y microorganismos de origen fecal.

Fuente Modificado de [INVEMAR, 2017](#).

Durante las salidas de campo realizadas por el Invemar, se ha podido evidenciar que la principal problemática que se presenta en el norte del departamento es la carencia de sistemas de red de acueducto y alcantarillado que tiene como resultado un aumento significativo de la cantidad de vertimientos directos de aguas residuales domésticas en los ríos circundantes. Así mismo se identificó que la principal actividad económica de la zona es la agricultura (fincas bananeras y de palma), en la cual se emplean como fuente de abastecimiento y descarga los ríos Guachaca y Buritaca. Estos vertimientos generados por dicha actividad traen una alta carga de contaminantes orgánicos, fertilizantes, agroquímicos y desechos de



animales. Cabe resaltar el tráfico y arribo de lanchas que solo se realiza en dichos ríos, debido a que únicamente estos cuentan con la profundidad y caudal suficiente para la navegabilidad de embarcaciones ([INVEMAR, 2017](#)).

8. PROPUESTA

8.1 METODOLOGÍA

8.1.1 Análisis de la variación temporal de la precipitación y del caudal de los ríos Guachaca y Buritaca. Para analizar la variación temporal de la precipitación y del caudal de los ríos Guachaca y Buritaca se consultó la información de las estaciones de la zona norte del departamento del Magdalena, monitoreadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM (Tabla 3). Se utilizaron las variables de caudal medio mensual (m^3/s) y precipitación total mensual (mm), en el periodo de 2005-2015. La información fue depurada y organizada en un archivo Excel, para el análisis de tendencia de las series de tiempo de precipitaciones registradas por dichas estaciones localizadas en las cuencas de los ríos Guachaca y Buritaca. Además, para la revisión histórica de los datos se tuvo en cuenta los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”, y su relación con el caudal de los ríos.

Tabla 3. Información de las estaciones en los ríos Guachaca y Buritaca suministradas por el IDEAM

Estación	Corriente	Código	Tipo de estación	Coordenadas		Elevación (msnm)
				Latitud	Longitud	
Guachaca	La Sombra	15010300	Pluviográfica	1114 N	7350 W	45
Buritaca	Buritaca	15010020	Pluviométrica	1114 N	7345 W	30
Guachaca	Guachaca	15017040	Limnigráfica	1114 N	7350 W	40
Buritaca	Buritaca	15017080	Limnimétrica	1114 N	7345 W	28

Fuente www.ideam.gov.co

8.1.2 Determinación de los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca; y su zona costera. Para determinar los cambios espacio temporales en la calidad del agua de los ríos y su zona costera cercana, se analizaron los datos de concentración de las variables fisico-químicas y microbiológicas del periodo 2005-2015 y se compararon con los criterios de calidad de la norma nacional vigente (Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015) y valores de referencia internacionales para Nitritos, Nitratos, Amonio, Ortofosfatos, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Coliformes Termotolerantes. Se calcularon las cargas contaminantes de los ríos Guachaca y Buritaca utilizando los datos históricos de caudal y las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID: $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) y Ortofosfatos (PO_4^{3-}) medidos en los puntos de monitoreo de la Red de Vigilancia de la Calidad de Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM).

8.1.3 Evaluación de la influencia de la precipitación sobre los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca; y su influencia sobre la zona costera. Para evaluar el grado de influencia de la precipitación sobre los cambios en la calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca, y su influencia sobre la zona costera se contrastaron los resultados obtenidos a partir del análisis de la información de los objetivos uno y dos, y esto permitió establecer la relación existente entre la precipitación y los cambios en la calidad del agua marina.

9. CRONOGRAMA

Tabla 4. Cronograma de funciones y actividades realizadas durante el periodo de práctica

FUNCIÓN	ACTIVIDAD	MESES					
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Compilar, organizar y depurar información ambiental costera para los proyectos en ejecución de la línea PEM	Matriz de instrumentos, planes e iniciativas para el manejo y restauración de ecosistemas.						
	Base de datos de Excel de información relacionada con eutrofización por departamento.						
	Base de datos caracterización de vertimientos y agua marina.						
	Recopilación de medidas de manejo ambiental obtenidas en mesas de trabajo.						
	Definición de Medidas de manejo ambiental para la recuperación de la Bahía de Cartagena.						
Documentar las actividades técnicas desarrolladas en la línea PEM	Convocatoria de proyectos para la línea PEM.						
	Custodia de datos Convenio MADS-INVEMAR No. 659 de 2017/Bahía Cartagena en formatos de LABSIS.						
Apoyar las salidas de campo, talleres y reuniones de los proyectos de la línea PEM	Reuniones de los convenios MADS-INVEMAR No. 659 de 2017 y Corpamag 211 de 2017.						
	Socialización final de resultados del proyecto Bahía Cartagena.						
Elaborar el informe final de la pasantía	Solicitud de información de estaciones meteorológicas e hidrológicas al IDEAM y de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la REDCAM-INVEMAR.						
	Depuración y organización de la información en suministrada en tablas de Excel.						
	Elaboración de gráficos de barra y de línea para el análisis de la información.						
	Análisis de la información y desarrollo del informe de la pasantía.						
Entrega del informe final de la pasantía	Entrega del informe final de pasantía a la Universidad del Magdalena y al INVEMAR.						

10. PRESUPUESTO

Tabla 5. Presupuesto estimado para el desarrollo de la propuesta

No.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	Nº MESES	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	<u>PERSONAL</u>					5880000
1.1	Asesor	Unidad	1	6	300000	1800000
1.2	Profesional de apoyo	Unidad	3	6	160000	2880000
1.3	Acompañamiento técnico	Unidad	2	2	300000	1200000
2	<u>LOGÍSTICA</u>					660000
1.1	Papelería	Global		6	20000	120000
1.2	Desplazamientos personal	Global		6	90000	540000
TOTAL COSTOS						6540000

11. IMPACTOS ESPERADOS

Con la realización de esta propuesta de investigación encaminada al estudio de la influencia de la variabilidad climática de los ríos Guachaca y Buritaca sobre la calidad del agua marina en la zona costera del departamento del Magdalena, se espera:

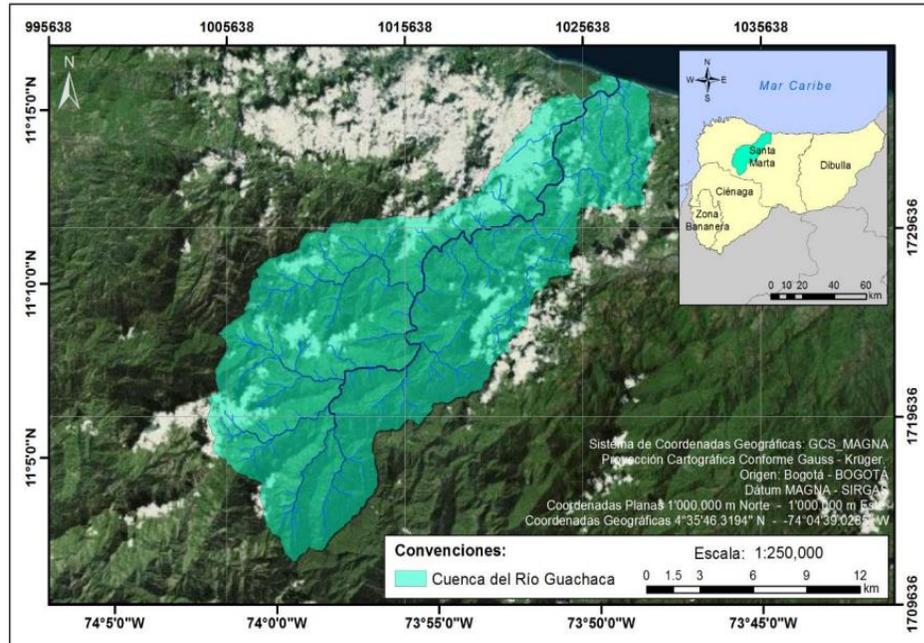
- Contribuir al fortalecimiento de los objetivos y áreas temáticas de la línea de Prevención y Protección de los Ecosistemas Marinos y Costeros del programa de Calidad Ambiental Marina, con miras a mejorar la toma de decisiones.
- Generar impacto en los distintos organismos y entes responsables con jurisdicción en la zona para la implementación y el fortalecimiento de acciones que permitan mejorar las condiciones ambientales en el área de estudio.
- Aportar conocimiento para próximas investigaciones o proyectos de la línea PEM relacionados con el tema de estudio.
- Comprobar que la variabilidad climática afecta la calidad del agua de los ríos y que a su vez estos tienen una influencia directa sobre la calidad del agua marina en la zona costera del departamento.

12. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

12.1 ÁREA DE ESTUDIO

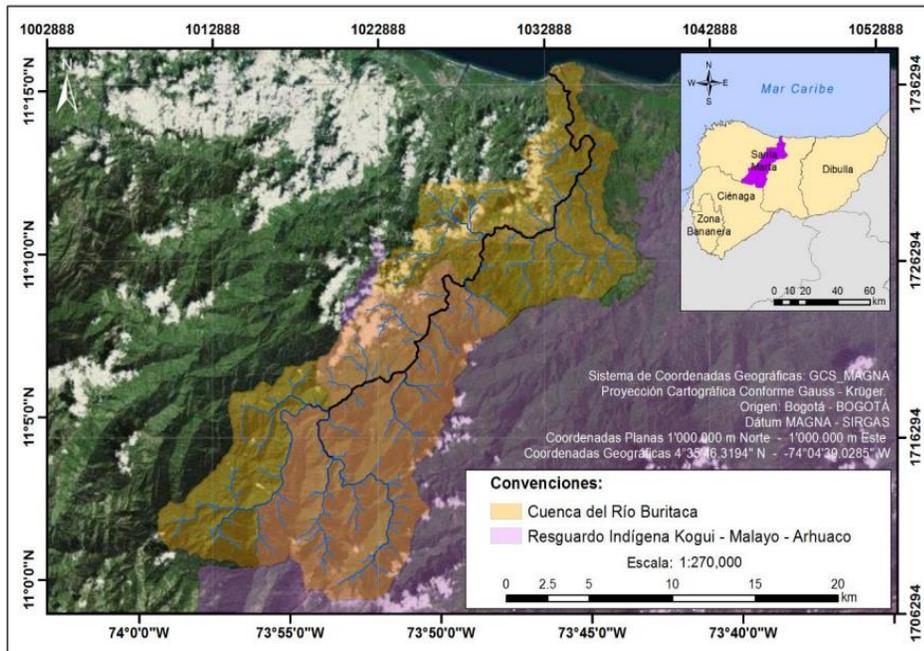
Las cuencas hidrográficas de los ríos Guachaca y Buritaca están ubicadas en la parte norte del departamento del Magdalena en la ciudad de Santa Marta. Específicamente, la cuenca del río Guachaca tiene un área de 267,33 km², enmarcada entre las latitudes 11°16'1" y 11°01'59" y las longitudes 73°48'17" y 74°02'10" (Figura 5). En esta cuenca se ubican las localidades de Guachaca y las Vegas. El río Guachaca nace en la Cuchilla San Lorenzo, al occidente de la Sierra Nevada de Santa Marta y tiene una longitud aproximada de 44,46 km. Por otra parte, la cuenca del río Buritaca se encuentra circunscrita entre las latitudes 11°15'55" y 10°59'22" y las longitudes 73°43'29" y 73°59'26" y tiene un área de 304,27 km² (Figura 6). La cuenca incluye a la localidad Buritaca y el 48,93% de su área está localizada dentro del Resguardo Indígena Kogui - Malayo - Arhuaco. El río Buritaca tiene una longitud aproximada de 57,87 km ([CIACUA, 2014](#)).

Figura 5. Localización de la cuenca del río Guachaca



Fuente [CIACUA, 2014.](#)

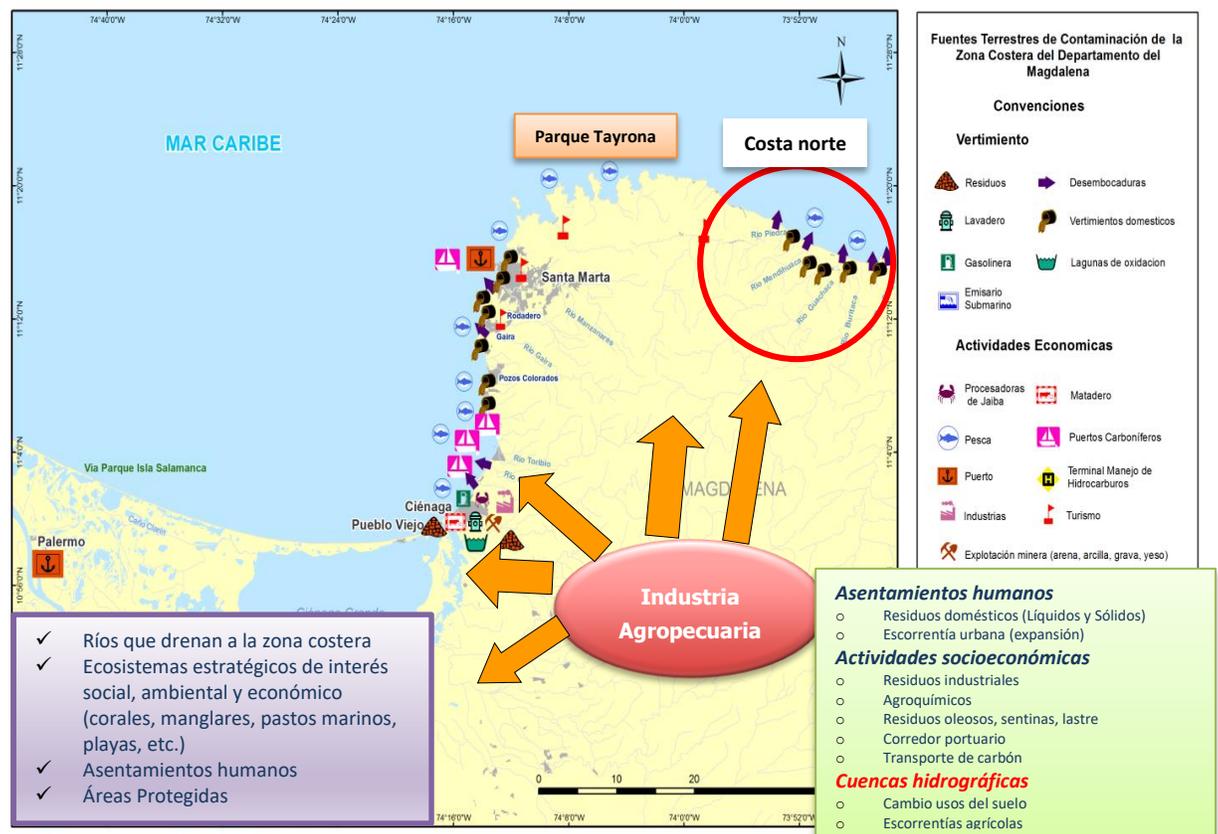
Figura 6. Localización de la cuenca del río Buritaca



Fuente [CIACUA, 2014.](#)

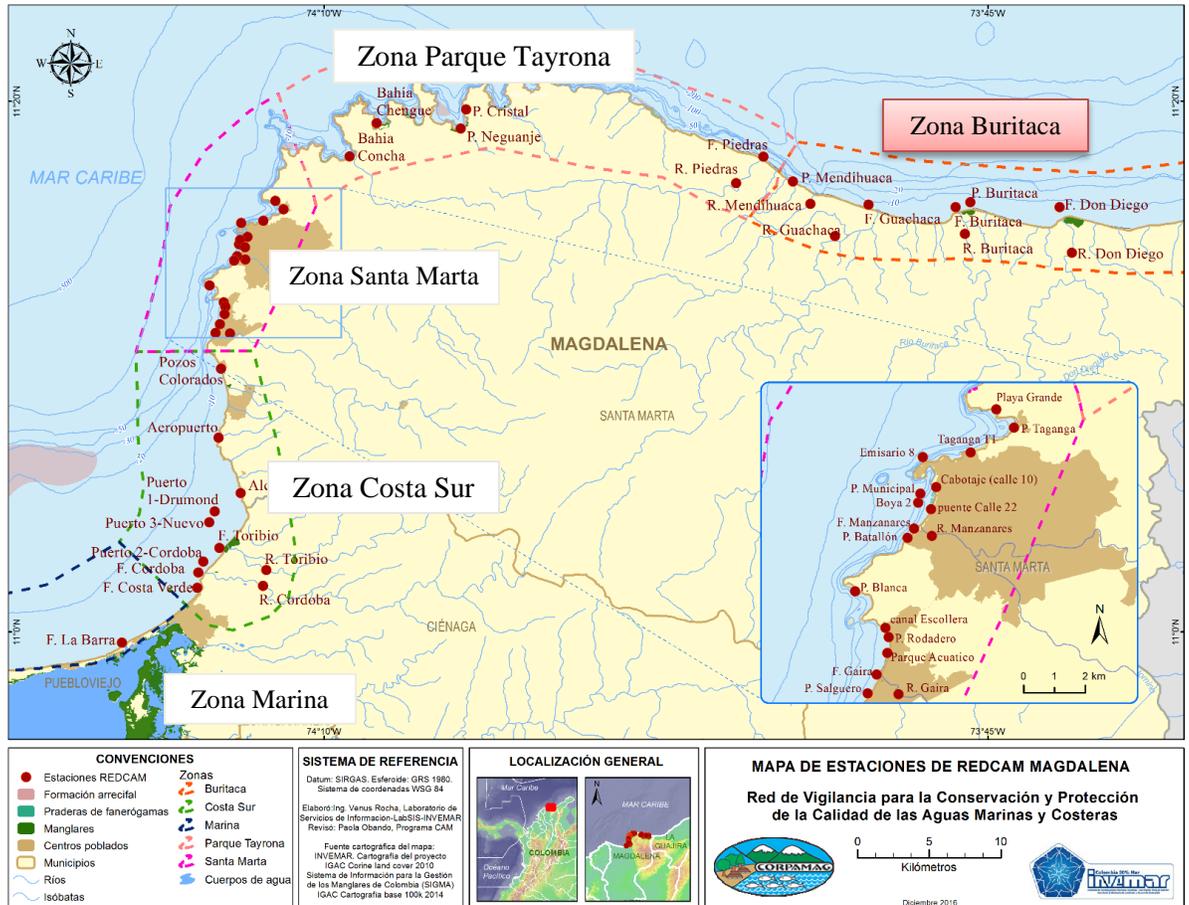
La zona costera en el área de influencia abarca el tramo comprendido entre el río Mendihuaca y Don Diego al norte del departamento del Magdalena (Figura 7), y se incluyen las estaciones de Frente de los ríos Guachaca, Buritaca y Don Diego, y las que corresponden a las playas de Mendihuaca y Buritaca (Figura 8).

Figura 7. Área de influencia de la zona costera entre río Mendihuaca y Don Diego al norte del departamento del Magdalena



Fuente INVEMAR, 2013; 2015; 2016.

Figura 8. Estaciones de Frente de los ríos Guachaca, Buritaca y Don Diego, y de Playa Mendihuaca y Buritaca; en la zona Buritaca



Fuente [Garcés-Ordóñez, 2017.](#)

12.2 VARIACIÓN TEMPORAL DEL CAUDAL Y DE LA PRECIPITACIÓN EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS GUACHACA Y BURITACA

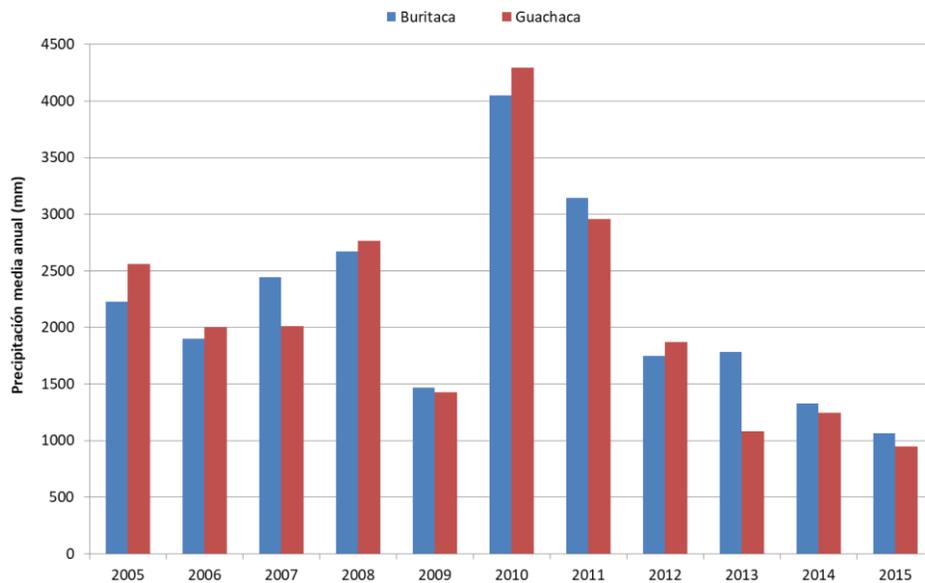
En Colombia, la variabilidad climática ocasiona frecuentes anomalías en la precipitación que impactan fuertemente la sociedad y los sectores productivos ([Ávila et al., 2014](#)). Esta alteración en el régimen pluviométrico es generada por procesos de escala interanual como los eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) que implican temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial ([IMN, 2018](#)). No obstante, este fenómeno climático está vinculado con los cambios atmosféricos que tienen lugar en regiones alejadas del Océano Pacífico; tal como ocurre con la circulación atmosférica en la cuenca del Caribe ([Giannini et al., 2000](#); [Giannini et al., 2001](#)). Las manifestaciones atmosféricas del ENOS no solo se presentan al oeste de Colombia, sino también al noreste de Sudamérica ([Blanco et al., 2006](#)).

Los ríos Guachaca y Buritaca nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta. El régimen de lluvias en esta área está definido por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical, que ocasiona dos períodos de lluvia en el año. El primero se presenta en los meses de abril a junio y el segundo en los meses de agosto a noviembre. Cada una de las dos vertientes presenta determinadas particularidades y variaciones; no obstante, en ambas cuencas se presentan precipitaciones que van hasta los 4.000 mm de lluvia al año ([CIACUA, 2014](#)).

En la Figura 9 se observa que los mayores valores de precipitación media anual en las cuencas de los ríos Guachaca y Buritaca se presentaron en los años 2010 y 2011, esto debido a la ocurrencia del fenómeno de “La Niña” durante ese periodo, caracterizado por un aumento considerable de las precipitaciones con picos en el 2010 de 4297,0 y 4047,0 mm; respectivamente. De la misma manera, los datos obtenidos para el 2015 son los más bajos valores de la serie histórica presentada

para ambas cuencas, los cuales corresponden a 1066,0 mm de lluvia en la cuenca de Buritaca y 947,80 mm para Guachaca. Este comportamiento puede atribuirse a los efectos del fenómeno de “El Niño” cuya ocurrencia se dio entre 2015 y 2016; y que a su vez es caracterizado por bajas precipitaciones, alta evaporación y sequias.

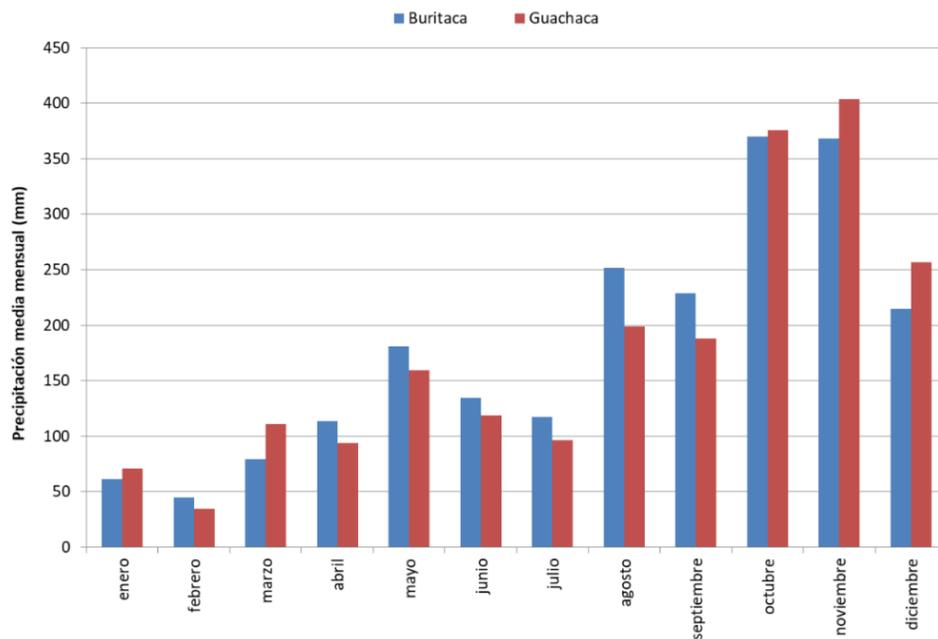
Figura 9. Precipitación media anual en las cuencas de los ríos Guachaca y Buritaca durante el periodo de 2005-2015



La precipitación en las cuencas de los ríos Guachaca y Buritaca presentó un comportamiento bimodal de dos periodos secos y dos lluviosos, característicos de la zona (Figura 10); en el cual se registró menor cantidad de lluvia durante los meses de diciembre a abril (seca mayor) con mínimos en el mes de febrero para ambas cuencas (34,94 y 44,73 mm; respectivamente), y también una disminución durante el mes de julio (seca menor) pero menos pronunciada que a principios de año. Por otra parte, en los meses de mayo-junio y agosto-noviembre, se evidenció un aumento de la precipitación en las dos cuencas siendo la del segundo

semestre del año más marcada que la del primero con picos de 369,82 mm en el mes de octubre para Buritaca y 403,67 mm en noviembre para Guachaca ([IDEAM, 2017](#)).

Figura 10. Precipitación media mensual en las cuencas de los ríos Guachaca y Buritaca durante el periodo de 2005-2015



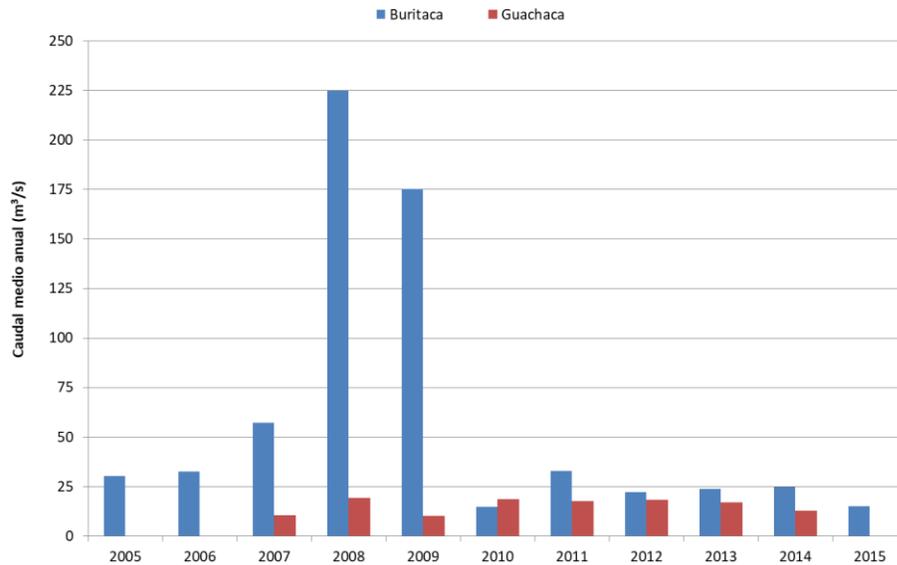
Mediante el análisis de información histórica, se ha establecido que dichos fenómenos, además de afectar la temperatura del aire, del mar y la precipitación, también ocasionan variaciones en el caudal de los ríos ([IDEAM, s.f.](#)). El IDEAM ha realizado múltiples análisis para determinar cuál es el efecto que genera las anomalías de precipitación y de temperatura asociados con la variabilidad climática, sobre los caudales de las corrientes ([IDEAM, 2012](#)) Durante el fenómeno El Niño, se presenta una clara tendencia hacia la disminución de la precipitación particularmente en las regiones Andina y Caribe; esto, sumado al aumento de la evaporación y la evapotranspiración produce una disminución de la

disponibilidad hídrica en dichas regiones del país. Por otra parte, el efecto climático de la fase fría (La Niña) se traduce en los excedentes de agua lluvia que se registran en áreas del nororiente de la región Caribe durante gran parte del periodo de permanencia del evento, siendo la Guajira y el norte del departamento del Magdalena los núcleos más puntuales de excedentes severos ([IDEAM, 2017](#)).

Los regímenes de lluvia y de caudal están relacionados con las fases extremas del ENOS que ocasionan alteraciones en los procesos naturales que conforman el ciclo hidrológico y afectan la dinámica y distribución espacio-temporal de dichas variables ([IDEAM, 2002](#)). Las correlaciones entre la precipitación y el caudal de los ríos muestran una relación inversa con la temperatura superficial del mar (TSM), lo que indica que cuando la temperatura del Océano Pacífico aumenta se presenta una reducción de las precipitaciones, y viceversa ([Ávila et al., 2014](#)).

El caudal promedio de los ríos Buritaca y Guachaca en el periodo de 2005-2015 fluctuó entre 10,23 y 224,83 m³/s (Figura 11). El valor más alto de caudal se observó en la corriente Buritaca para el año 2008, y el más bajo se presentó en la corriente Guachaca para el 2009. Se presentaron anomalías en los valores de caudal medio anual registrados en el río Buritaca para el 2008 y 2009 (224,83 y 175,27 m³/s; respectivamente), lo cual resulta ser inusual y no es concordante con la ocurrencia del fenómeno de “La Niña” o de “El Niño”. Para el resto de años de la serie histórica en las estaciones se observaron valores de caudal menores a los 60 m³/s.

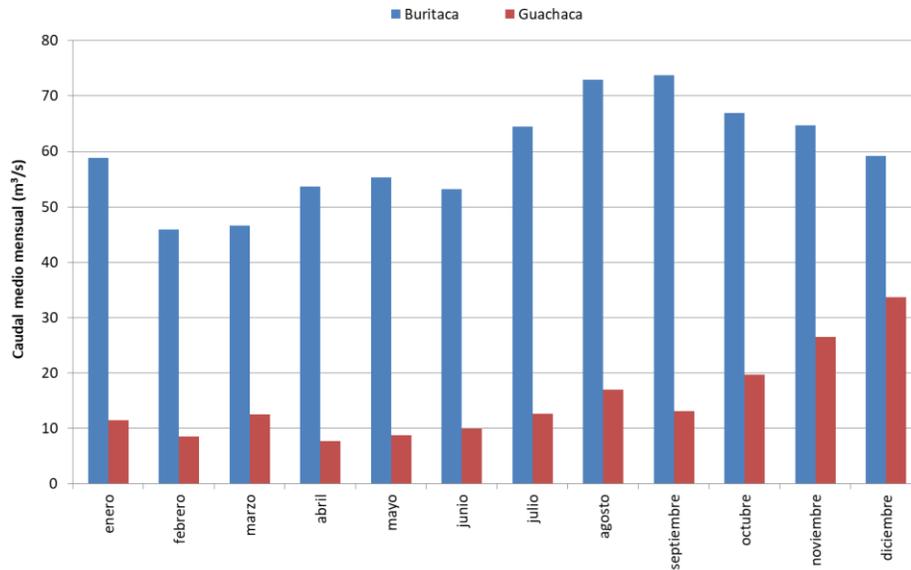
Figura 11. Variación del caudal medio anual de los ríos Guachaca y Buritaca de 2005-2015



Los datos correspondientes a los años 2005, 2006 y 2015 de la corriente de Guachaca no se encuentran disponibles en el banco de datos del IDEAM.

El río Buritaca presentó mayor caudal durante el periodo de 2005-2015 en comparación con Guachaca (Figura 12), obteniéndose los mayores valores durante el segundo semestre del año comprendido entre los meses de agosto a noviembre (época lluviosa) superiores a los $64,0 \text{ m}^3/\text{s}$, con un pico de caudal en el mes de septiembre de $73,72 \text{ m}^3/\text{s}$. Los menores valores para los ríos Buritaca y Guachaca se observaron en el mes de febrero y abril con caudales de $45,96$ y $7,79 \text{ m}^3/\text{s}$; respectivamente. A partir de esto, y de acuerdo con la figura 11 se evidencia que los meses de mayor caudal son correspondientes con los meses donde se presentó la mayor precipitación en ambas cuencas; y de la misma forma sucede con la época seca donde los meses de menor caudal tienen una relación directa con las precipitaciones y por ende durante este periodo fueron menores.

Figura 12. Variación del caudal medio mensual de los ríos Buritaca, Guachaca y Palomino de 2005-2015



El promedio mensual de caudal para el río Guachaca fue calculado únicamente con la información disponible en el banco de datos del IDEAM de 2007-2014.

12.3 CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS GUACHACA Y BURITACA; Y LA ZONA COSTERA

Los ríos son considerados corrientes naturales que se encuentran sometidas a los cambios climáticos y a las características propias de sus cuencas; la calidad de sus aguas varía a lo largo del tiempo y de su curso debido a la combinación de diversos factores ambientales ([Chapman, 1996](#); [Castañé et al., 1998](#)). Esto a su vez, se ve influenciado por las épocas seca y lluviosa, así como por los fenómenos climáticos de “El niño” y “La niña” que resultan ser importantes porque modifican el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua afectando el equilibrio y protección de la dinámica de las corrientes ([DNP, 2007](#)).

Las condiciones fisicoquímicas del agua de los ríos Guachaca y Buritaca están determinadas por la climatología e hidrología de sus cuencas que modifican los flujos de entrada y salida por la interacción océano-atmósfera-continente ([INVEMAR, 2018](#)).

Al hablar de la calidad del agua se hace referencia a su composición, en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias generadas por procesos naturales y actividades antrópicas; por ello, debe ser clasificada como buena o mala teniendo en cuenta el uso para el cual ha sido destinada ([Severiche et al., 2013](#)). Lo anterior indica que los criterios, estándares y objetivos de calidad de agua cambiarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, uso agrícola, pecuario, recreativo, industrial, etc. ([Montoya, 2008](#)). En Colombia, el uso del agua es para la preservación de flora y fauna; esto implica según el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible que su empleo debe ser para actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos ([Minambiente, 2015](#)).

El Índice de Calidad del Agua (ICA – Tabla 6) para aguas superficiales es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Además, tiene en cuenta diversos factores ambientales a través de variables simples que permiten analizar los principales orígenes de la contaminación ([IDEAM, 2013](#)). A continuación se muestran las variaciones de los parámetros (OD, SST, Nutrientes inorgánicos disueltos y CTE) en las épocas climáticas y los resultados del ICA obtenidos para cada estación en los subíndices de calidad para OD, SST, Conductividad y pH .

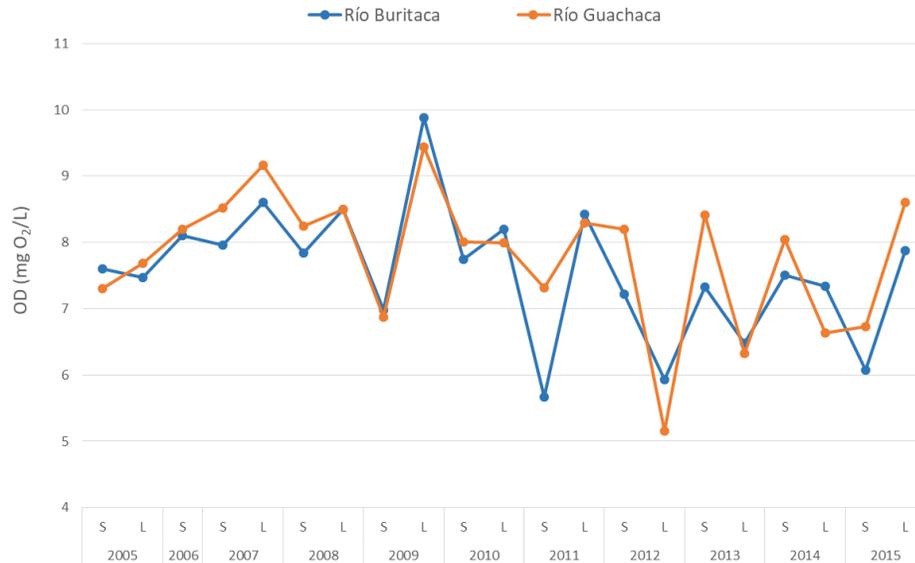
Tabla 6. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	
0,26 – 0,50	Mala	
0,51 – 0,70	Regular	
0,71 – 0,90	Aceptable	
0,91 – 1,00	Buena	

Fuente [IDEAM, 2013](#).

El **oxígeno disuelto (OD)** osciló entre 5,67 y 8,52 mg O₂/L durante la época seca, y entre 5,16 y 9,88 mg O₂/L en la época lluviosa (Figura 13), presentando para la primera la concentración más baja en la estación del río Buritaca (en el mes de abril) durante el año 2011; y para la segunda, en el río Guachaca durante septiembre de 2012. No obstante, en ambas épocas climáticas y durante la serie histórica de 2005-2015 este parámetro cumplió con el criterio de calidad para la preservación de fauna y flora en aguas superficiales (superior a 4,0 mg O₂ /L; [Minambiente, 2015](#)), indicando que se presentan en todos los casos valores adecuados para mantener la vida de los ecosistemas asociados a estos ríos. Los resultados de OD en ambas estaciones y para el resto de años de la serie fueron superiores a los 6,0 mg O₂/L, donde los valores más altos se presentaron en el río Guachaca para el mes de marzo de 2007 durante la época seca; y en Buritaca para agosto de 2009 en época lluviosa.

Figura 13. Concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



El subíndice de calidad del agua para el oxígeno disuelto varió entre buena y aceptable (Tabla 7), presentándose en ambos ríos los menores valores durante los años 2009 y 2015, coincidiendo para el primero en la época lluviosa con el evento de “El Niño” y en la época seca con el fenómeno de “La Niña”; y para el segundo únicamente con el fenómeno de “El Niño” durante la época de menor precipitación. Para el año 2012, se presentaron condiciones de calidad de agua aceptables durante el periodo seco en el río Buritaca, y para el río Guachaca se presentó este mismo comportamiento durante la época de lluvias. Estos resultados indican condiciones adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies y organismos acuáticos ([RED MAPSA, 2007](#)), considerando que el OD se mantuvo entre los 5 y 10 mg/L para la serie histórica de 2005-2015.

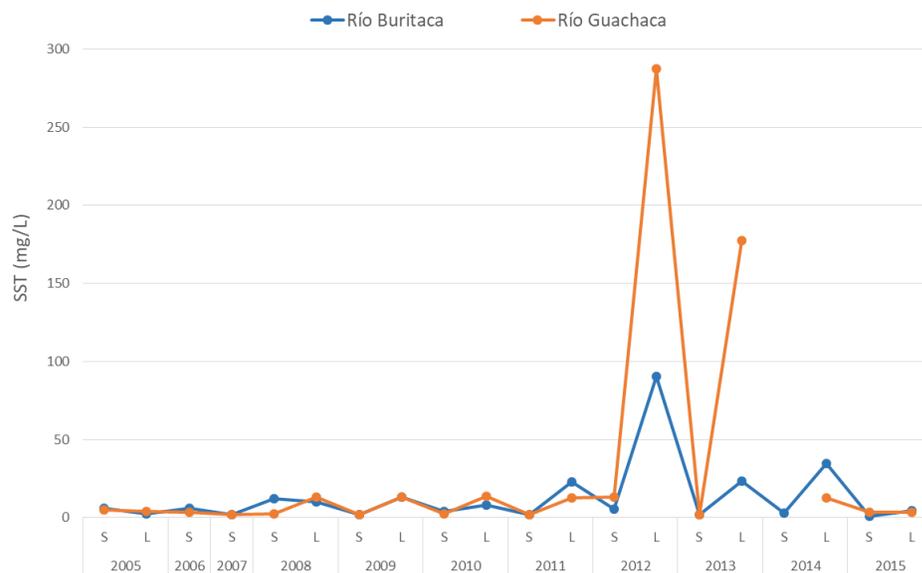
Tabla 7. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para el oxígeno disuelto en los ríos Buritaca y Guachaca

Ríos	Año	Valor época seca	Valor época lluviosa
Buritaca	2005	1,00	0,95
	2006	0,90	
	2007	0,95	
	2008	0,99	1,00
	2009	0,81	0,87
	2010	0,98	0,98
	2011	0,72	0,98
	2012	0,89	0,93
	2013	0,95	0,95
	2014	0,95	1,00
	2015	0,75	0,95
Guachaca	2005	0,99	0,98
	2006	0,91	
	2007	0,94	
	2008		0,93
	2009	0,83	0,84
	2010	0,98	0,98
	2011	0,97	1,00
	2012	0,99	0,76
	2013	0,97	0,92
	2014	0,94	0,84
	2015	0,82	0,91

Para las concentraciones de **sólidos suspendidos totales (SST)**, los mayores valores se presentaron en el río Guachaca, el primero en abril de 2012 (13,04 mg/L) durante la época seca; y el segundo durante el mes de septiembre del mismo año (287,5 mg/L) en la época lluviosa (Figura 14). Para todas las estaciones, se evidenció un marcado incremento durante el periodo de lluvia comprendido entre los meses de agosto a noviembre, debido al lavado de los suelos tras el aumento de las precipitaciones ([INVEMAR, 2017](#)). De acuerdo con la referencia de clasificación de calidad de las aguas ([CONAGUA, 2015](#)), durante

la época seca, todas las estaciones obtuvieron valores dentro de la referencia de excelente calidad ($SST \leq 25 \text{ mg/L}$). Por otra parte, en la época lluviosa durante el 2012 el río Buritaca presentó una concentración de $90,3 \text{ mg/L}$, cuyo valor de referencia corresponde a aceptable ($75 < SST \leq 150 \text{ mg/L}$); de igual manera, para los datos de mayores valores de la estación Guachaca en 2012 y 2013 el agua del río presento contaminación y mala calidad ($150 < SST \leq 400 \text{ mg/L}$), debido al alto contenido de material suspendido y a la posible influencia de descargas de aguas residuales crudas.

Figura 14. Concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



La Tabla 8 muestra el subíndice de calidad del agua para sólidos suspendidos totales en las estaciones analizadas, encontrándose valores que indican buena calidad durante la época seca en ambas estaciones, debido al bajo contenido de partículas suspendidas en la columna de agua. En terminos generales durante la

época lluviosa las condiciones de calidad de agua también fueron buenas; no obstante, se presentaron variaciones durante el 2012 en el río Buritaca donde la calidad fue aceptable y para ese mismo año en el río Guachaca una calidad de agua muy mala. Por otro lado, en el 2013 los resultados para esta segunda estación correspondieron a una mala calidad del agua producto de las altas concentraciones de SST. La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indican cambios en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente y puede estar relacionado con procesos erosivos, vertimientos industriales, entre otros ([IDEAM, 2013](#)).

Tabla 8. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para sólidos suspendidos totales en los ríos Buritaca y Guachaca

Ríos	Año	Valor época seca	Valor época lluviosa
Buritaca	2005	1,00	1,00
	2006	1,00	
	2007	1,00	1,00
	2008	0,98	0,99
	2009	1,00	0,98
	2010	1,00	1,00
	2011	1,00	0,95
	2012	1,00	0,75
	2013	1,00	0,95
	2014	1,00	0,92
	2015	1,00	1,00
Guachaca	2005	1,00	1,00
	2006	1,00	
	2007	1,00	1,00
	2008	1,00	0,98
	2009	1,00	0,98
	2010	1,00	0,98
	2011	1,00	0,98
	2012	0,98	0,16
	2013	1,00	0,49
2014	1,00	0,98	

	2015	1,00	1,00
--	------	------	------

El subíndice de calidad del agua para conductividad (Tabla 9) evidenció una buena calidad en todas las estaciones (Buritaca y Guachaca) y años de la serie histórica.

Tabla 9. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para conductividad en los ríos Buritaca y Guachaca

Ríos	Año	Valor época seca	Valor época lluviosa
Buritaca	2005	1,00	1,00
	2006	1,00	
	2007	1,00	1,00
	2008	1,00	1,00
	2009	1,00	1,00
	2010	1,00	1,00
	2011	1,00	1,00
	2012	1,00	1,00
	2013	1,00	1,00
	2014	1,00	1,00
	2015	1,00	1,00
Guachaca	2005	1,00	1,00
	2006	1,00	
	2007	1,00	1,00
	2008	1,00	1,00
	2009	1,00	1,00
	2010	1,00	1,00
	2011	1,00	1,00
	2012	1,00	1,00
	2013	1,00	1,00
	2014	1,00	1,00
	2015	1,00	1,00

De acuerdo con el Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) del [IDEAM \(2013\)](#), el subíndice de calidad para pH (Tabla 10) muestra que valores extremos (muy ácidos o alcalinos) pueden afectar la flora y fauna acuáticas. Un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas ([Japac, 2016](#)). La calidad del agua para este parámetro varió entre buena y aceptable en ambas estaciones, con diferencias en el río Guachaca donde se presentó en los años 2007, 2011 (época seca) y 2015 (época lluviosa) una condición de calidad del agua muy mala, coincidiendo estos dos últimos con los fenómenos de “La Niña” y “El Niño”; respectivamente. Es válido aclarar, que para los resultados de buena calidad, los valores de pH fueron cercanos a la neutralidad.

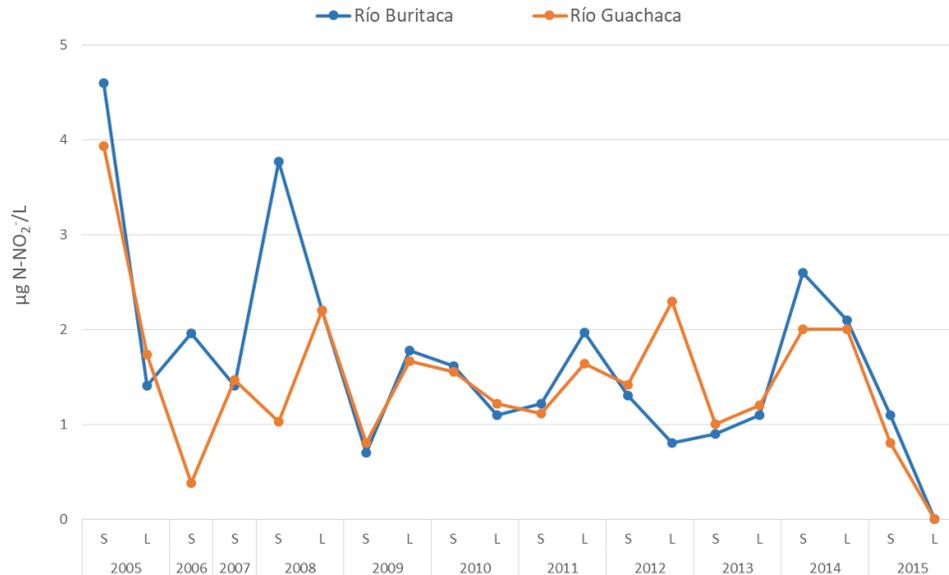
Tabla 10. Resultados del subíndice de Calidad del Agua para pH en los ríos Buritaca y Guachaca

Ríos	Año	Valor época seca	Valor época lluviosa
Buritaca	2005	1,00	0,96
	2006	0,73	
	2007	1,00	0,98
	2008	0,86	0,97
	2009	0,86	1,00
	2010	0,90	1,00
	2011	1,00	1,00
	2012	1,00	0,80
	2013	1,00	1,00
	2014	1,00	0,90
	2015	1,00	1,00
Guachaca	2005	1,00	1,00
	2006	0,81	
	2007	0,00	1,00
	2008	1,00	1,00
	2009	0,89	0,94
	2010	1,00	0,91
	2011	0,00	1,00

	2012	1,00	1,00
	2013	1,00	1,00
	2014	1,00	1,00
	2015	1,00	0,00

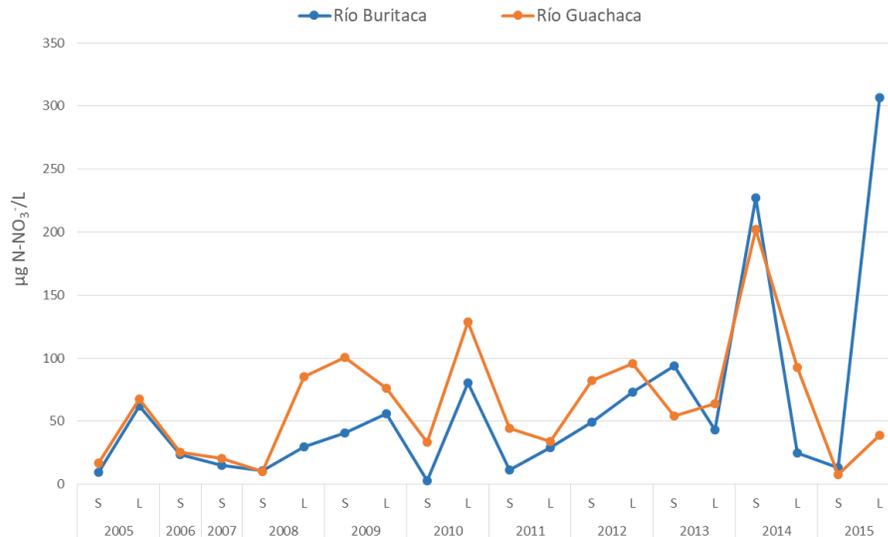
Las concentraciones de **nutrientes inorgánicos disueltos** medidos en los ríos Buritaca y Guachaca, se presentan en las figuras 15-18. Para los **nitritos (N-NO₂⁻)** las mayores concentraciones se registraron en la estación de Buritaca durante el mes de marzo de 2005 (4,60 µg N-NO₂⁻/L) durante la época seca; y para el periodo lluvioso, en el río Guachaca con un valor de 2,30 µg N-NO₂⁻/L para el mes de septiembre en el año 2012. La presencia de este compuesto está relacionado con el proceso de oxidación realizado por los microorganismos, llamado nitrificación, donde el ion amonio pasa a nitrito ([INVEMAR, 2017](#)). Así mismo, en la Figura 15 se observan datos menores al límite de detección del método (LD) en la época lluviosa (representados como valores iguales a cero); y para los cuales se tiene que durante este periodo en el 2015 en ambos ríos el LD corresponde a 0,7 µg N-NO₂⁻/L.

Figura 15. Concentraciones de nitritos (NO_2^-) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



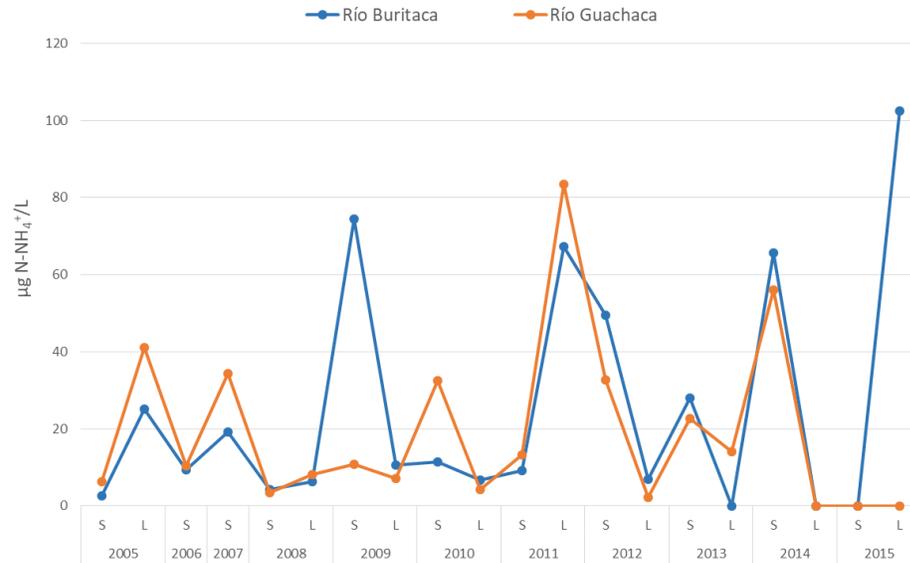
En el caso de los **nitratos (N-NO_3^-)**, estos fluctuaron entre 2,67 y 227,50 $\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$ durante la época seca, y entre 24,60 y 306,70 $\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$ en la época lluviosa (Figura 16), presentando las concentraciones más altas en la estación del río Buritaca, la primera en el mes de abril durante el año 2014; y la segunda, en el mes de septiembre de 2015. Los nitratos pueden encontrarse en pequeñas concentraciones en el medio natural y su aumento se relaciona con vertimientos recientes de agua residual, a la carga de fertilizantes y residuos orgánicos que el río recibe de la cuenca ([Romero et al., 2011](#)).

Figura 16. Concentraciones de nitratos (NO_3^-) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



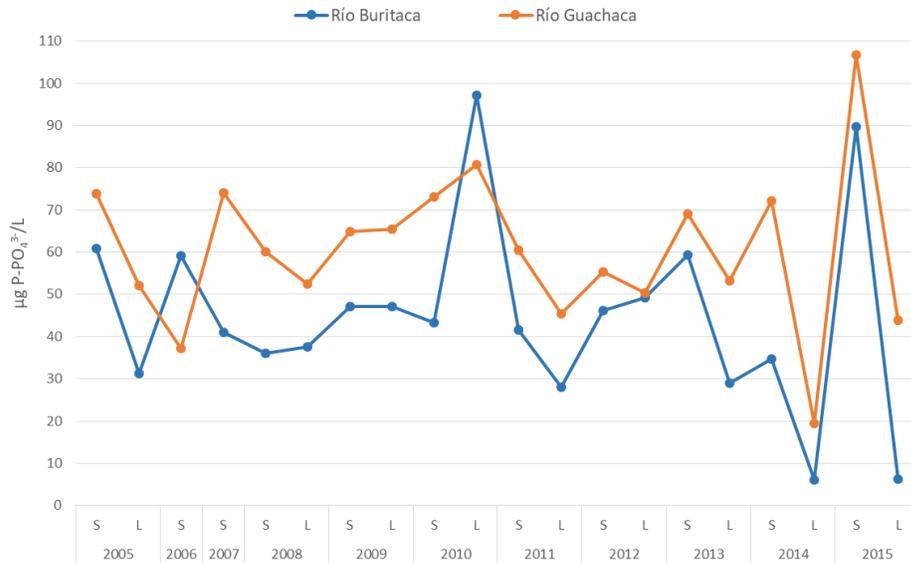
En cuanto al **ion amonio (N-NH_4^+)**, las concentraciones oscilaron entre menor que el límite de detección ($\text{LD} = 3,1 \mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$) y $74,40 \mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ para la época seca; y menor que LD y $102,50 \mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ para la época lluviosa (Figura 17), presentando para la primera la concentración más alta en la estación del río Buritaca en el mes de marzo durante el año 2009; y para la segunda, en la misma estación durante el mes de septiembre de 2015. Este resultado puede atribuirse en gran parte a la introducción de aguas residuales domésticas en el cauce de los ríos, la escorrentía de tierras de cultivo y a la descomposición natural de la materia orgánica. Es importante tener en cuenta que aunque el ion amonio no represente riesgo directo, su forma sin ionizar (NH_3) puede ser altamente tóxica para los organismos acuáticos ([Camargo y Alonso, 2006](#)). Para ambos periodos, se observa que los demás datos de la serie histórica en todas las estaciones están muy por debajo de los $100,0 \mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$.

Figura 17. Concentraciones de ion amonio (NH_4^+) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



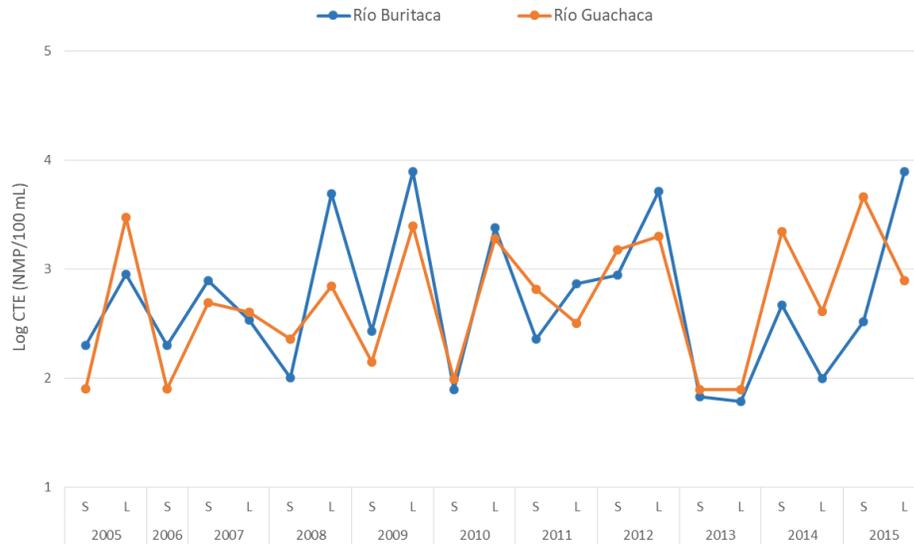
Los **ortofosfatos ($\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$)** fluctuaron entre 34,70 y 106,80 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ durante la época seca, y entre 6,0 y 97,20 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ en la época lluviosa (Figura 18), presentando para la primera la concentración más alta en la estación del río Guachaca en el mes de abril durante el año 2015; y para la segunda, en la estación de Buritaca durante el mes de agosto de 2010. Este resultado puede atribuirse a la introducción de aguas residuales o contaminación por fertilizantes empleados en los cultivos de la zona que llegan a través de la escorrentía ([INVEMAR, 2017](#)). Para el resto de años en las estaciones se presentan concentraciones entre los 10 y 90 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ en ambos periodos climáticos, con excepción del río Buritaca en los años 2014 y 2015 de la época de lluvias, donde se presentaron concentraciones de 6,0 y 6,2 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$; respectivamente.

Figura 18. Concentraciones de ortofosfatos (PO_4^{3-}) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



En la Figura 19, se muestran las concentraciones de **Coliformes termotolerantes (CTE)** en las estaciones de los ríos Buritaca y Guachaca para las épocas seca y lluviosa (los valores fueron ajustados con logaritmo en base 10, con el propósito de mejorar la representación del gráfico). Los CTE oscilaron entre 68,0 y 4.600 NMP/100 mL (Log=1,83 y Log=3,66; respectivamente) en la época seca; y entre 61,0 NMP/100 mL (Log=1,79) y 7.900 NMP/100 mL (Log=3,90) en la época lluviosa. El 43% de los datos de la serie histórica de la figura 17 no cumplen con el criterio de calidad en aguas de uso recreativo para contacto secundario (CTE: 500 NMP/100 mL – Log=2,70) de acuerdo al Decreto 1076 de 2015 ([Minambiente, 2015](#)). Por otro lado, los datos de 2005-2015 para ambas estaciones durante la época seca si cumplen con este criterio de calidad.

Figura 19. Concentraciones de Coliformes termotolerantes (CTE) en las estaciones de monitoreo de calidad del agua de los ríos Buritaca y Guachaca en el departamento del Magdalena durante las épocas seca (S) y lluviosa (L)



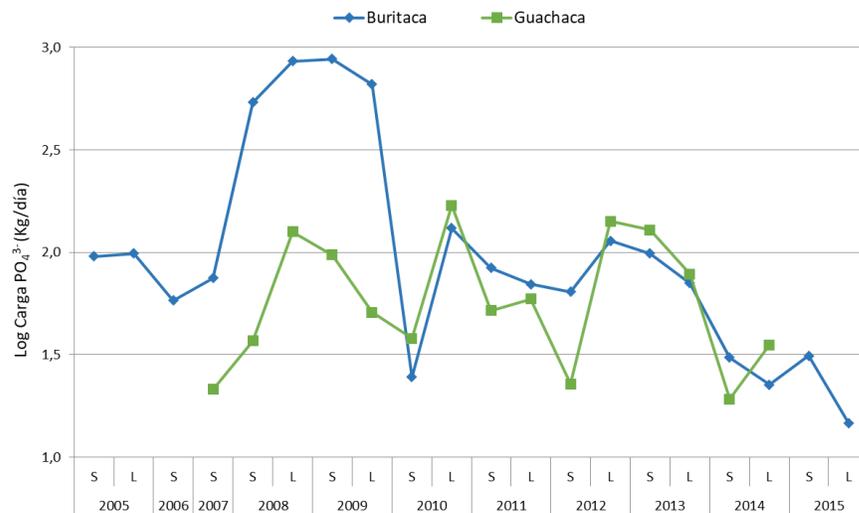
Las escorrentías captadas por las cuencas hidrográficas conectan las zonas costeras con el interior del país a través del flujo constante de materiales, recursos vivos, nutrientes y contaminantes. Es decir, los ríos son “responsables” del ingreso de cargas importantes de nutrientes y sedimentos ricos en materia orgánica a las áreas costeras; esto indica que la contaminación producida es transportada por los ríos al mar. En las cuencas, una alteración en el flujo de estas sustancias y sedimentos puede ocasionar efectos negativos en las propiedades y funciones de los ecosistemas costeros, y en la biodiversidad; y cuando estas exceden la capacidad de carga de los ecosistemas se presentan graves problemas ambientales ([Escobar, 2002](#)).

A continuación se presentan las cargas contaminantes de SST, Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID: nitritos + nitratos + amonio) y Ortofosfatos que aportan los ríos Buritaca y Guachaca a la zona costera. Las cargas de los ríos en kilogramos por día (Kg/día) se calcularon multiplicando las concentraciones de

estas variables por el caudal. Además, los valores encontrados fueron ajustados con logaritmo en base 10, con el fin de mejorar la representación de los gráficos.

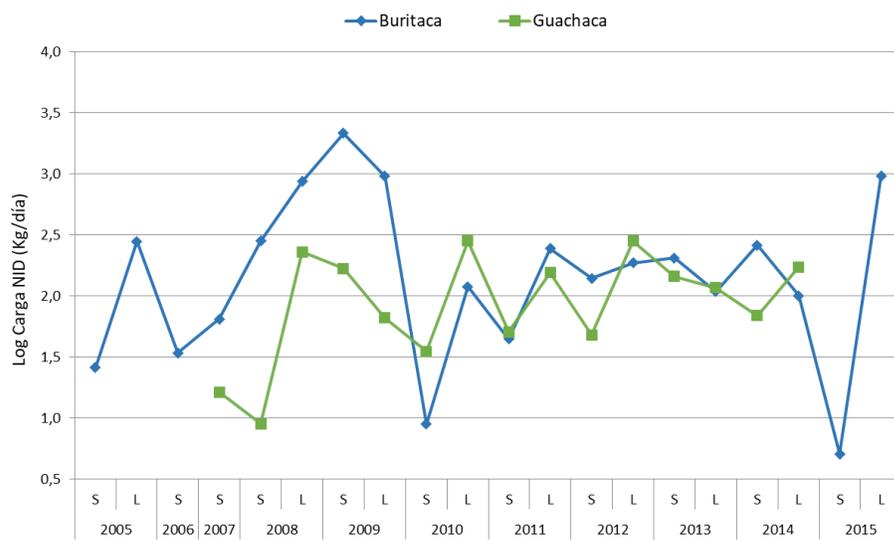
Fósforo inorgánico disuelto. El cálculo de los aportes de PO_4^{3-} a través de los ríos Guachaca y Buritaca muestran cambios que dependieron principalmente de las precipitaciones ([IDEAM, 2000](#)). El menor aporte de fósforo al sistema se calculó para 2015 en río Buritaca (14,68 Kg/día) y coincidió con el fenómeno de “El Niño” (Figura 20). Las mayores descargas de ortofosfatos se obtuvieron para río Buritaca, especialmente en marzo de 2009 con un valor de 880,46 Kg/día y río Guachaca en agosto de 2010 con 169,40 Kg/día, las cuales coincidieron con eventos de “La Niña”. En la mayoría de datos de la serie histórica se evidencia que la carga de PO_4^{3-} es mayor durante los periodos de lluvia.

Figura 20. Variación interanual de la carga (Kg/día) de fósforo inorgánico disuelto (PO_4^{3-}) de los ríos Guachaca y Buritaca



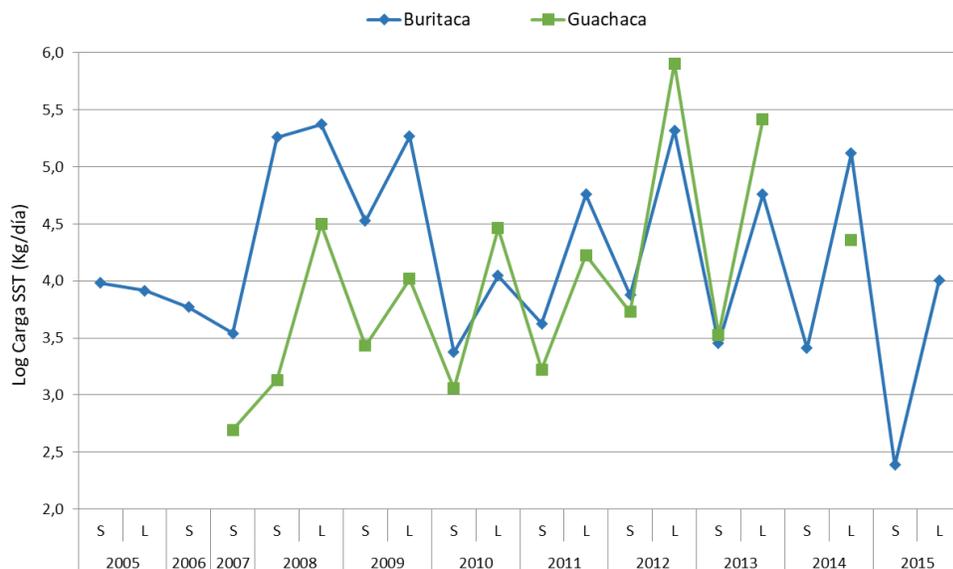
Nitrógeno inorgánico disuelto. Durante el período de estudio (2005-2015) las mayores descargas de NID se obtuvieron para río Buritaca, especialmente en marzo de 2009 con un valor de 2163,84 Kg/día y río Guachaca en agosto de 2010 con 282,27 Kg/día (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), las cuales coincidieron con los picos máximos de precipitación y con eventos de “La Niña”; mientras que la más baja (5,07 Kg/día) se encontró en el río Buritaca durante el mes de abril de 2015, coincidiendo con el fenómeno de “El Niño”. Las descargas de NID, dependieron de las variaciones hidrológicas en el área (escorrentías); en la época de escasez de flujo hídrico, los nutrientes se acumulan en el sedimento debido al bajo nivel de agua obteniéndose cargas contaminantes bajas ([Sánchez y Zea, 2000](#)). Con los movimientos de agua dulce hay resuspensión de material particulado desde el sedimento, produciéndose un aporte adicional de nutrientes del bentos a la columna de agua ([Vivas-Aguas et al., 2013](#)) y con ello cargas más altas durante el periodo de lluvias, lo cual induce valores extremos de nitrógeno en los ríos y perturbaciones en la zona costera ([Navas et al., 2002](#)).

Figura 21. Variación interanual de la carga (Kg/día) de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) de los ríos Guachaca y Buritaca



Sólidos suspendidos totales. Las mayores descargas de SST se presentaron para río Buritaca, en septiembre de 2008 con un valor de 235317,10 Kg/día y río Guachaca en septiembre de 2012 con 808790,40 Kg/día (Figura 22); mientras que la más baja (244,58 Kg/día) se encontró en el río Buritaca durante el mes de abril de 2015, coincidiendo con el fenómeno de “El Niño”. La carga contaminante de sólidos suspendidos totales presentó una alta variabilidad entre años y épocas climáticas (valores más altos durante periodos lluviosos y los más bajos en época seca), que a su vez estuvo influenciada por diversos factores como la intensidad de la precipitación, las descargas de agua de los tributarios, la temperatura ([Beltran y Rangel, 2012](#)), la hidrología y geomorfología de las cuencas, la naturaleza y tamaño de los sedimentos, las características de la cuenca de drenaje, los volúmenes de escorrentía y los caudales que dependen directamente de la presencia de eventos pluviométricos torrenciales en las mismas ([Vivas-Aguas et al., 2013](#); [Jaya, 2017](#)).

Figura 22. Variación interanual de la carga (Kg/día) de sólidos suspendidos totales de los ríos Guachaca y Buritaca





Durante el periodo 2005-2015 los ríos Guachaca y Buritaca aportaron en promedio 343,28 Kg/día de NID (Log=2,54), 218,16 Kg/día de PO_4^{3-} (Log=2,34) y 24643,46 Kg/día de SST (Log=4,39) durante la época seca; y 571,77 Kg/día de NID (Log=2,76), 300,28 Kg/día de PO_4^{3-} (Log=2,48) y 231691,24 Kg/día de SST (Log=5,36) durante la época lluviosa. La contribución más significativa a la zona costera proviene de los aportes de sólidos suspendidos totales durante ambos periodos climáticos, siendo la carga de SST durante la época lluviosa para ambos ríos 10 veces mayor que en la época seca.

La calidad del agua de la zona costera está siendo alterada por el incremento de los desechos propios de las actividades humanas; los nutrientes nitrógeno y fósforo generados por estas fuentes pueden acrecentar el desarrollo del proceso de eutrofización en el ambiente costero ([Aranda, 2004](#)). A partir de esto, se hace necesario determinar los cambios en la calidad de las aguas marinas mediante el cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}). Este indicador es calculado con los valores de oxígeno disuelto, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos totales (SST), hidrocarburos disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y coliformes termotolerantes (CTE) medidos en el agua; y categoriza la información en cinco escalas de calidad definidas entre 0 y 100 (Tabla 11), en función de los valores de referencia o criterios de calidad nacionales o internacionales ([Vivas-Aguas et al., 2015](#)), facilitando la interpretación de las condiciones de calidad del recurso hídrico marino.

Tabla 11. Escalas de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PF})

Escala de calidad	Categorías	Descripción
Óptima	100 – 90	Calidad excelente del agua
Adecuada	90 – 70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
Aceptable	70 – 50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
Inadecuada	50 – 25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
Pésima	25 – 0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

Fuente [Garcés-Ordóñez, 2017.](#)

A continuación se presenta la información de las estaciones de la REDCAM (Tabla 12), utilizadas para el análisis de la calidad del agua de la zona costera en el área de estudio y los resultados del ICAM obtenidos para cada estación teniendo en cuenta las variables OD, SST, PO₄³⁻, NO₃⁻, CTE y HDD. Es válido aclarar que para las estaciones de Frente de los ríos y las Playas, se excluyeron las variables CTE y HDD; respectivamente por falta de datos.

Tabla 12. Información de las estaciones costeras suministradas por la REDCAM

Estación	Código	Tipo de estación	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
Frente a Río Guachaca	C47001006	Costera	11.246013	-73.841993
Frente a Río Buritaca	C47001004	Costera	11.249942	-73.76325
Frente a Río Don Diego	C47001005	Costera	11.239809	-73.696881
Playa Mendihuaca	C47001011	Costera	11.27903	-73.856819
Playa Buritaca	C47001010	Costera	11.26839	-73.769707

Fuente [INVEMAR, 2018.](#)

Frente a Río Buritaca. La aplicación del ICAM mostró que la calidad del agua superficial del 52% de los datos obtenidos en el periodo 2005-2015 durante la época seca y lluviosa en la estación Frente a Río Buritaca fue óptima, el 37%

adecuada, el 8% aceptable y el 3% inadecuada. La gran proporción de datos en condiciones óptimas responden a la baja concentración de nutrientes inorgánicos disueltos, SST e hidrocarburos disueltos y dispersos, y altas concentraciones de oxígeno disuelto, condiciones favorables para la preservación de flora y fauna. La condición inadecuada se presentó en el mes de marzo de 2006, y agosto de 2009 y 2010; para las dos primeras esto se debe a las altas concentraciones de nutrientes inorgánicos, y para la tercera a la baja concentración de oxígeno disuelto estando relacionada con la ocurrencia del fenómeno de “La Niña”.

Frente a Río Guachaca. Mediante el cálculo del ICAM entre los años 2005 y 2015 para las épocas climáticas seca y lluviosa, se ha podido establecer que la mayoría de los parámetros de la serie histórica en la estación Frente a Río Guachaca han tenido aguas con calidad óptima y adecuada para la preservación de flora y fauna. Para esta estación, gran parte de los datos obtenidos con condiciones de calidad aceptables se presentaron durante el periodo de lluvias principalmente debido al aumento en las concentraciones de sólidos suspendidos e hidrocarburos disueltos y dispersos, y a la disminución del oxígeno disuelto. Para esta misma época en septiembre de 2015 los resultados coincidieron con el fenómeno de “El Niño”, obteniéndose bajas concentraciones de OD. Además, durante la época seca este comportamiento también estuvo relacionado con la ocurrencia de “La Niña” en abril de 2008, marzo de 2009 y abril de 2011. La condición inadecuada se observó durante agosto de 2010 para el oxígeno disuelto coherente con este mismo evento.

Frente a Río Don Diego. El ICAM para esta estación mostró que la calidad del agua superficial del 49% de los datos obtenidos en el periodo 2005-2015 durante la época seca y lluviosa fue óptima, el 34% adecuada, el 11% aceptable, el 5% inadecuada y el 1% pésima. La condición óptima responde a las bajas concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos e hidrocarburos disueltos y dispersos, y altas concentraciones de oxígeno disuelto presentadas durante

algunos años, lo cual muestra condiciones favorables para la preservación de flora y fauna. La condición inadecuada se presentó en marzo de 2006 y agosto de 2014, debido a las altas concentraciones de nutrientes inorgánicos especialmente los nitratos; este mismo comportamiento se evidenció en el mes de marzo de 2011 y agosto de 2010, coincidiendo en ambos casos con eventos asociados al fenómeno de “La Niña” e indicando bajas concentraciones de OD en el agua. Durante el mes de noviembre de 2011 se observó una condición pésima que estuvo relacionada con el aumento de las concentraciones de hidrocarburos en la estación.

Las estaciones de los frentes de los ríos Buritaca (Figura 23), Guachaca (Figura 24) y Don Diego (Figura 25) presentaron comportamientos similares en la calidad del agua, variando entre adecuada (89% de todos los datos de la serie historia en las tres estaciones) y óptima (9% de los datos). No obstante, para el Frente a río Don Diego durante la época lluviosa de 2011 se presentó un ICAM aceptable (equivalente al 2%), que coincidió con la ocurrencia del fenómeno de “La Niña”.

Figura 23. ICAM_{PPF} de la estación Frente a Río Buritaca

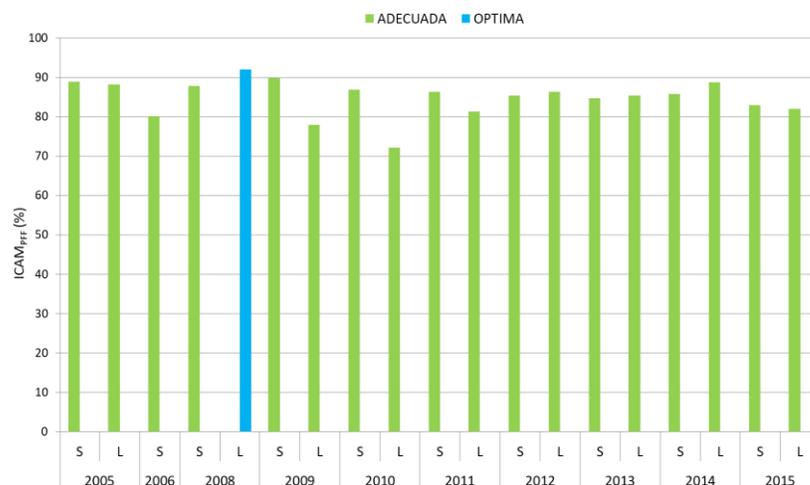


Figura 24. ICAM_{PPF} de la estación Frente a Río Guachaca

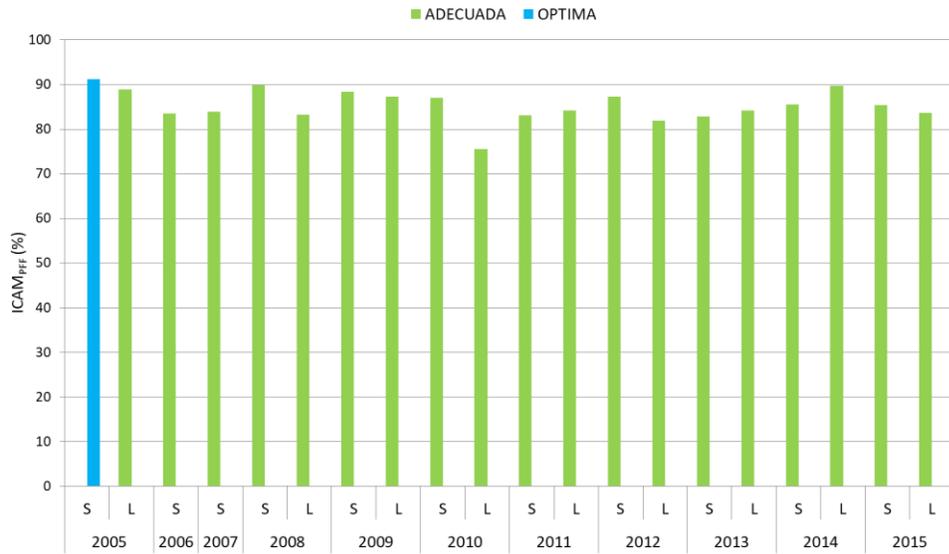
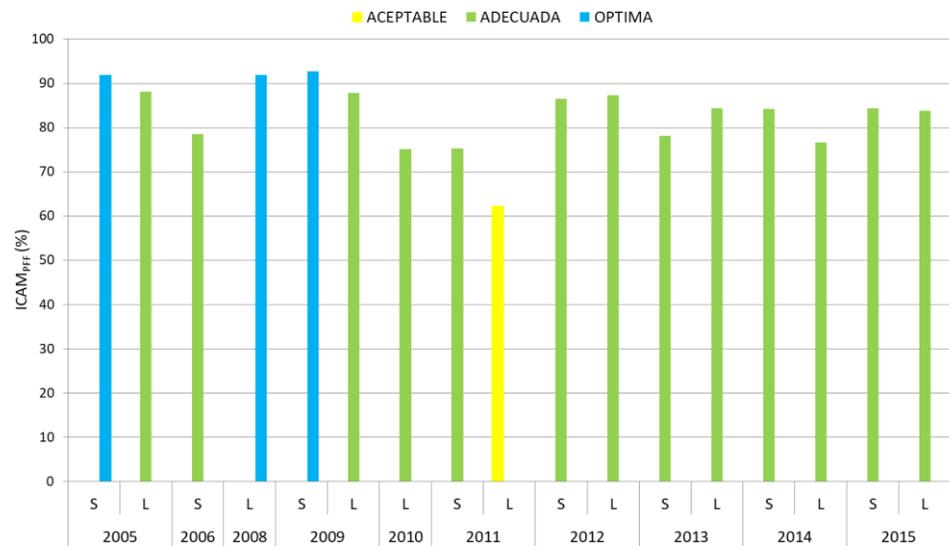


Figura 25. ICAM_{PPF} de la estación Frente a Río Don Diego



Playa Buritaca. Para la estación Playa Buritaca, entre los años 2005 y 2015 en las épocas climáticas seca y lluviosa, se ha podido identificar que la mayoría de los parámetros de la serie histórica han presentado valores de calidad de agua óptima y adecuada para la preservación de flora y fauna. No obstante, en algunos años se evidenciaron condiciones aceptables e inadecuadas principalmente debido al aumento en las concentraciones de sólidos suspendidos y nutrientes inorgánicos, y bajas concentraciones de oxígeno disuelto, coincidiendo con el fenómeno de “La Niña” en abril de 2008, marzo de 2009, noviembre de 2011, abril de 2011 y 2012; y con el fenómeno de “El Niño” en febrero de 2010, agosto de 2009, abril y septiembre de 2015. La condición pésima se presentó durante el periodo de lluvias de 2005 y 2008, esto se atribuye a la contaminación microbiológica relacionada con las altas concentraciones de coliformes termotolerantes.

Playa Mendihuaca. El 40% de los datos de la serie histórica de 2005-2015 para las épocas climáticas seca y lluviosa, presentó condiciones de calidad de agua óptima, el 29% adecuada, el 15% aceptable, el 9% inadecuada y el 6% pésima. Para esta estación, la gran proporción de los datos obtenidos con condiciones de calidad óptima y adecuada responden a la baja concentración de nutrientes inorgánicos disueltos y altas concentraciones de oxígeno disuelto, condiciones favorables para la preservación de flora y fauna. Los resultados del ICAM que corresponden a condiciones aceptables e inadecuadas se obtuvieron en su gran mayoría durante la ocurrencia de los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”, y se relacionan con altas concentraciones de SST, nitratos y CTE. La condición pésima se presentó en ambos periodos climáticos y se debe principalmente a contaminación microbiológica, y en menor grado a variaciones en nutrientes y sólidos suspendidos.

Las estaciones correspondientes a Playa Buritaca (Figura 26) y Playa Mendihuaca (Figura 27) se comportaron de manera diferente a las estaciones de los Frentes de

los ríos pero similares entre ellas, variando el ICAM entre adecuada, aceptable e inadecuada. En playa Buritaca, la calidad del agua fue aceptable durante la época lluviosa de los años 2005, 2008 y 2012; y en playa Mendihuaca durante la época seca de 2006 y la lluviosa de 2011, coincidiendo esta última con el fenómeno de “La Niña”. La calidad del agua para esta estación fue inadecuada en la época lluviosa de 2008 y para ambos periodos climáticos del 2012, coincidiendo con el fenómeno de “La Niña” en la época seca de este año.

Figura 26. ICAM_{PPF} de la estación Playa Buritaca

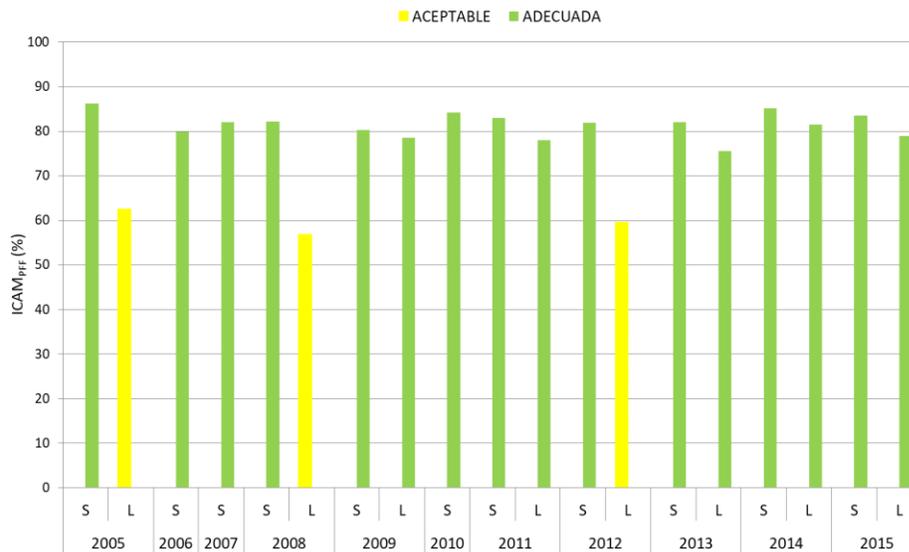
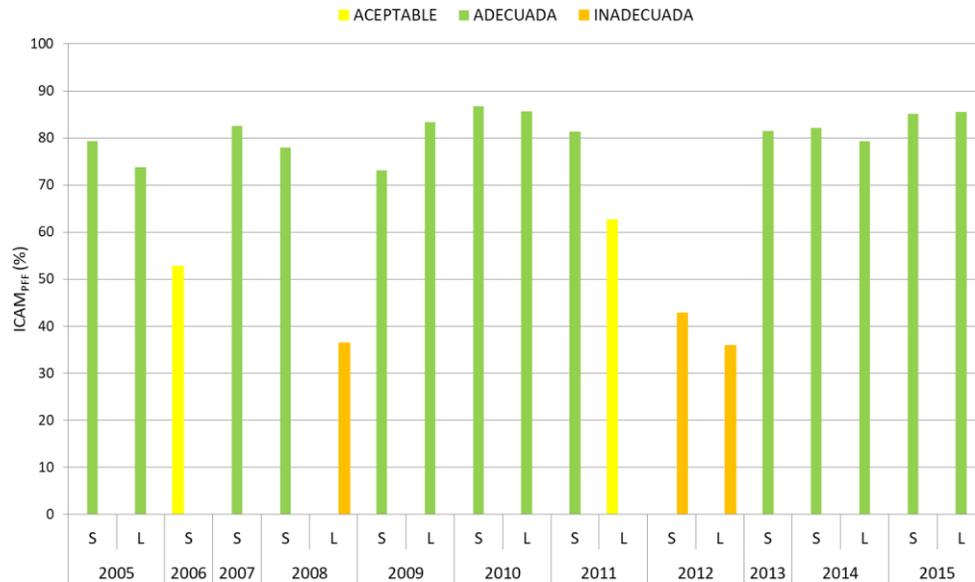


Figura 27. ICAM_{PPF} de la estación Playa Mendihuaca



12.4 INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS GUACHACA Y BURITACA; Y SU INFLUENCIA SOBRE LA ZONA COSTERA

La variabilidad climática también ocasiona cambios en la calidad del agua de la zonas costeras y mares adyacentes, esto se debe a la captación de escurrimientos de agua en las cuencas hidrográficas que genera efectos concentrados en las desembocaduras de los ríos. De igual manera, los ríos contribuyen tanto en el transporte de nutrientes desde la zona continental hacia la zona marina como en el transporte de contaminantes a la misma, representando la principal fuente de introducción de contaminantes a los sistemas estuarinos y marinos. ([Barrios y Rojas, s.f.](#)). En los ríos que desembocan en el mar se origina cerca del 80% de los contaminantes que afectan las franjas costeras ([Escobar, 2002](#)).

A continuación se presentan las gráficas del ICAM con los resultados obtenidos de las estaciones donde se observó mayor afectación en la calidad del agua, teniendo en cuenta los parámetros de mayor impacto en la zona.

Figura 28. ICAM para sólidos suspendidos totales en la estación Playa Buritaca

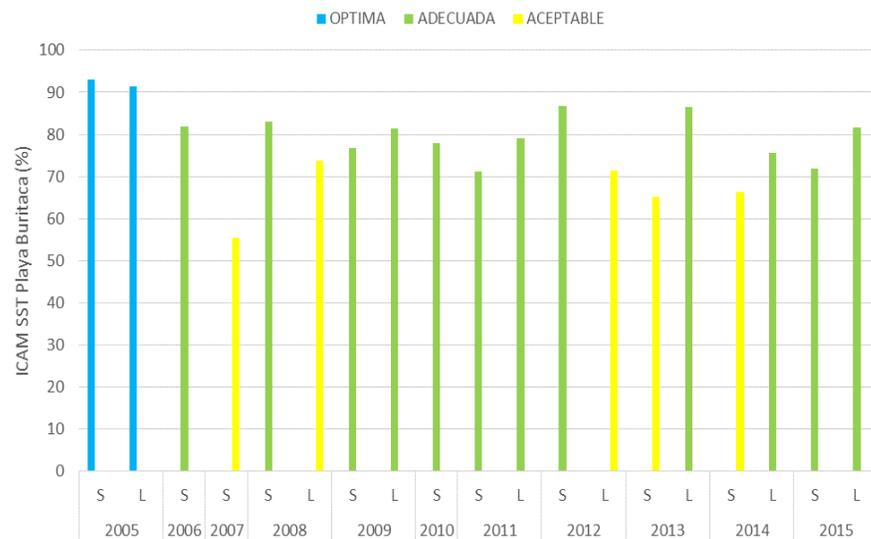


Figura 29. ICAM para nitratos en la estación Playa Buritaca

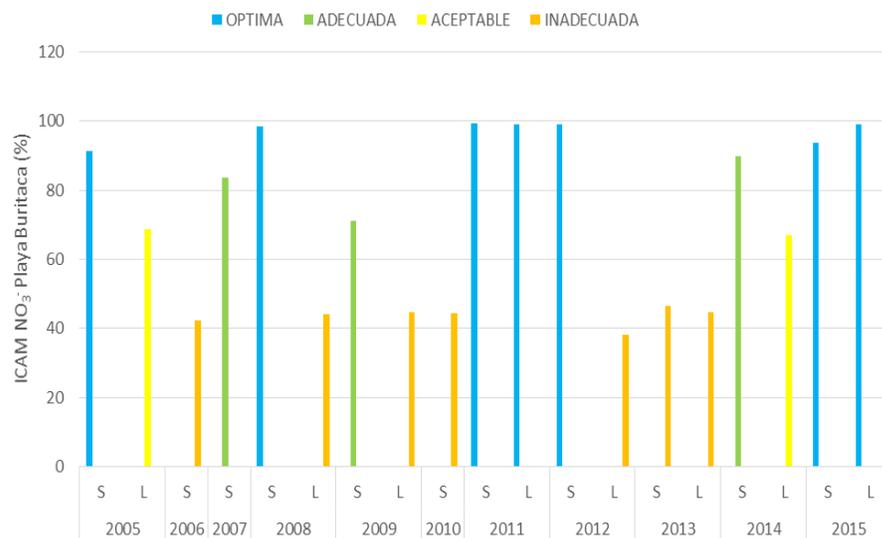


Figura 30. ICAM para Coliformes termotolerantes en la estación Playa Buritaca

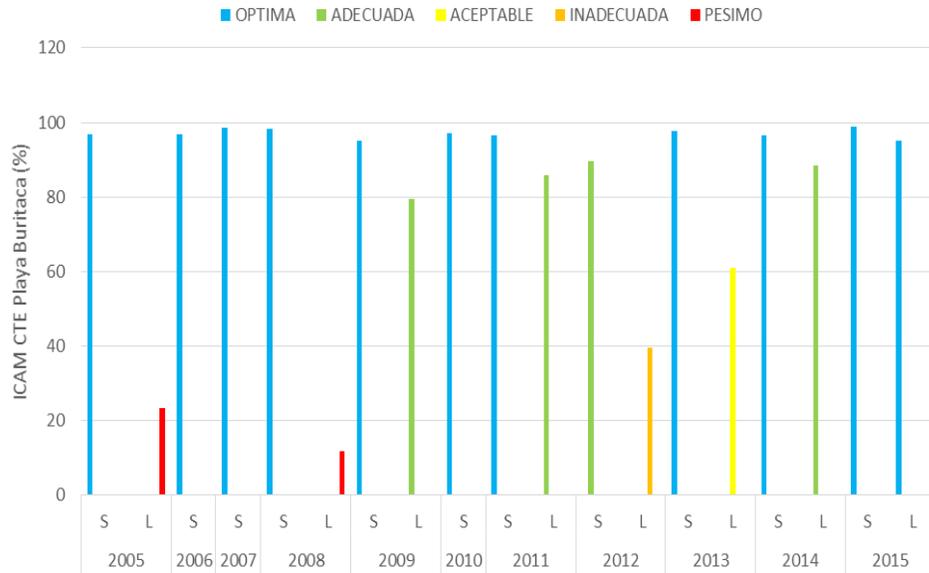


Figura 31. ICAM para sólidos suspendidos totales en la estación Playa Mendihuaca

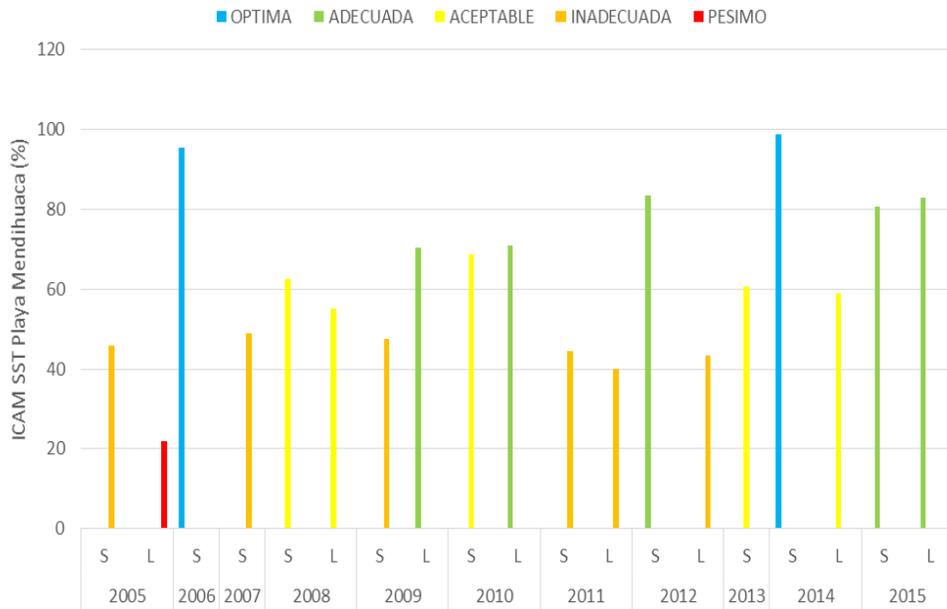


Figura 32. ICAM para nitratos en la estación Playa Mendihuaca

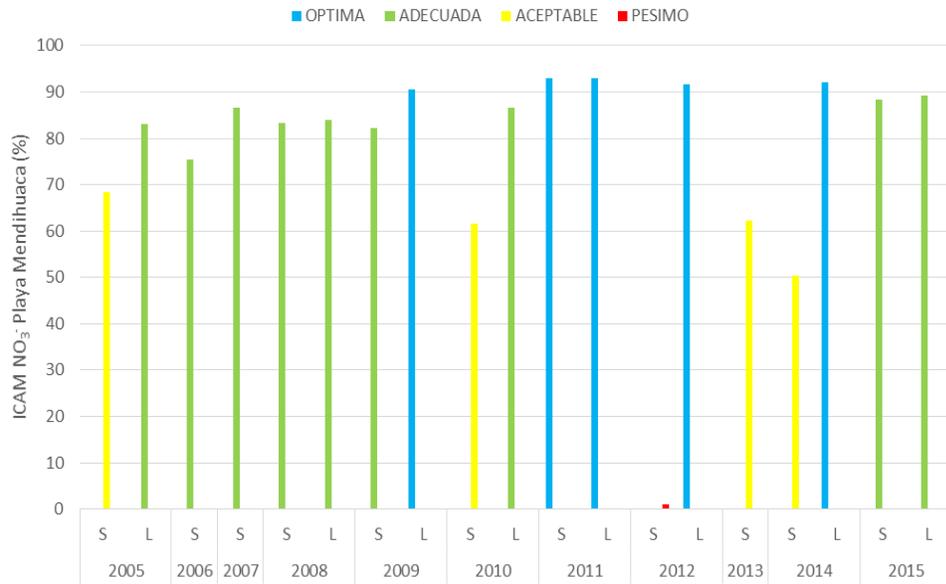
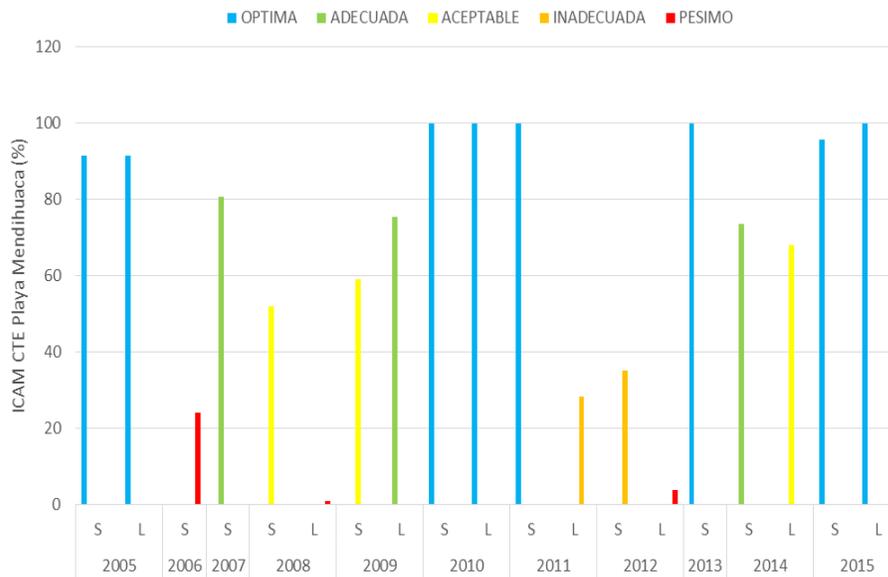


Figura 33. ICAM para Coliformes termotolerantes en la estación Playa Mendihuaca



De acuerdo con las Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32 y Figura 33, se evidenció la influencia que tiene la precipitación sobre la calidad del agua marina en la zona costera del departamento del Magdalena, especialmente el área de influencia de los ríos Guachaca y Buritaca. La mayor afectación se observó en la zona de playa Buritaca y Mendihuaca, presentándose condiciones pésimas e inadecuadas de calidad del agua debido al aumento en las concentraciones de sólidos suspendidos totales, nitratos y coliformes termotolerantes durante el periodo de lluvias; generados por vertimientos domésticos y actividades antrópicas relacionadas con el turismo y la agricultura del sector. Además, este comportamiento en algunos casos guarda relación con la ocurrencia de los fenómenos de “El Niño” y “La Niña” durante los años 2009-2012.

13. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El análisis 2005-2015, mostró una relación directa entre las precipitaciones y las variaciones del caudal de los ríos Guachaca y Buritaca, obteniéndose los mayores valores durante la época lluviosa de la región que se vieron acentuadas con la ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, en el período 2009-2011.

El aumento de las cargas contaminantes de los ríos Guachaca y Buritaca en las épocas de lluvias pone en evidencia el lavado de los suelos de las cuencas hidrográficas que recogen a lo largo de su recorrido las diferentes sustancias contaminantes que llegan a la zona costera, afectando de manera directa la calidad del agua marina.

Las precipitaciones ejercen influencia sobre las condiciones de calidad del agua de los ríos Guachaca y Buritaca y su zona costera, observándose condiciones entre pésimas y aceptables en algunas variables como sólidos suspendidos, nitratos y Coliformes Termotolerantes, especialmente en las estaciones más cercanas a las desembocaduras de los ríos como las playas de Mendihuaca y Buritaca. Sin embargo, la calidad también se ve afectada por vertimientos directos de la población y actividades antrópicas como el turismo y agricultura de la zona.



14. BIBLIOGRAFÍA

- A. Giannini, J. Chiang , M. Cane , Y. Kushir , R. Seager. La teleconexión ENSO al océano Atlántico tropical: contribuciones de las TSM remotas y locales a la variabilidad de las precipitaciones en las Américas tropicales *Journal of Climate*, 14 (2001), pp. 4530 – 4544.
- A. Giannini, Y. Kushnir , MA Cane. Variabilidad interanual de las precipitaciones en el Caribe, el ENOS y el Océano Atlántico *Journal of Climate*, 13 (2000), pp. 297 – 311.
- Aranda, N. (2004). Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical. Universitat de Barcelona, Departament d'Ecologia (España). 230 p.
- Ávila, A., Y. Carvajal y S. Gutiérrez (2014). Análisis de la influencia de El Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali. *Tecnura Vol.18*, No. 41. pp.120-133.
- Barrios y Rojas, s.f. Contaminación de zonas costeras por ríos y otras fuentes. Universidad Marítima del Caribe. República Bolivariana de Venezuela. 8 p.
- Beltrán, J. y J. Rangel (2012). Modelación dinámica de sólidos suspendidos totales en el humedal Jaboque, Bogotá (Colombia). *Colombia Forestal Vol. 15(2)*: 191-205.



Blanco, J., E. Vilorio y J. Narváez (2006). ENOS y cambios de salinidad en el sistema de lagunas costeras de Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Ciencia Estuarina, Costera y de Estante* Vol. 66, Números 1-2. pp. 157-167.

Camargo, J.A. y Á. Alonso. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32: 831-849.

Castañé P. M., Loez C. R., Olgún F., Puig A., Rovedatti M. G., Topalián M. L. y Salibián A. (1998). Caracterización y variación espacial de parámetros fisicoquímicos y del plancton en un río urbano contaminado (río Reconquista, Argentina). *Rev. Int. Contam. Ambie.* 14, 69–77.

Chapman D. (1996). *Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.* 2a. ed. UNESCO/WHO/UNEP. Champan & Hall. Londres, Reino Unido. 626 pp.

CIACUA – Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados. 2014. Estudio para el Fortalecimiento de la Infraestructura Sanitaria de Santa Marta para los Requerimientos Proyectados en los Próximos 50 Años. Producto II.2. Análisis de alternativas de oferta hídrica. Bogotá, Colombia. 148 p.



CONAGUA – Comisión Nacional del Agua. 2015. Monitoreo calidad del agua: escalas de clasificación de la calidad del agua superficial. Disponible desde internet en: <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/CalidaddelAgua.pdf>

DNP, 2007. 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Excelsior Impresores. Bogotá. 101 p.

Escobar J., 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar, ISBN: 92-1-322090-1.

Garay, J., B. Marín y A. Vélez (2001). Contaminación marino-costera en Colombia. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia - INVEMAR. 14 p.

Garcés-Ordóñez, O. 2017. Anexo 3: Diagnóstico de la calidad de las aguas marino-costeras del departamento del Magdalena en el marco de la REDCAM. 27 p. En: INVEMAR. 2017. Actividades de investigación para la gestión ambiental de la zona marino costera del departamento del Magdalena y Atención de las emergencias ambientales. Convenio No. 131 de 2016 CORPAMAG-INVEMAR. Código PRY-CAM-017-16. Santa Marta.

IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2017. Atlas climatológico de Colombia. Bogotá, Colombia. 265 p.



IDEAM, s.f. PARTE II: Distribución espacio-temporal de las variables del clima.
110 p.

IDEAM. 2000. Reporte multianual de datos de precipitación para la estación meteorológica de Sevillano, Magdalena. Ideam, Bogotá.

IDEAM. 2012. Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia. pp. 60-64.

IMN - Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. 2018. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2013). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM 12 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM. (2002). Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno el niño en Colombia. Ministerio del medio Ambiente. Bogotá D.C., Colombia.



INVEMAR y MADS. 2011. Desarrollo de Fundamentos para el Fortalecimiento de los Parámetros y los Límites Permisibles de los Vertimientos Puntuales a las Aguas Marinas en Colombia. Informe Final. Santa Marta. 189 p.

INVEMAR. 2017. Evaluación de las condiciones ambientales y apoyo a Corpamag en la atención de emergencias. Convenio de asociación No. 131 de 2016 CORPAMAG-INVEMAR. 79 p.

INVEMAR. 2018. Evaluación de impactos generados por vertimientos y recomendaciones para la restauración ecológica de ecosistemas marinos y costeros priorizados de la bahía de Cartagena. Fase II. Convenio Interadministrativo No. 659 de 2017 MADS-INVEMAR. 138 p.

INVEMAR. 2018. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. Monitoreo REDCAM departamento de Magdalena. CORPAMAG, INVEMAR, MinAmbiente. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. 16/07/2018.

Japac. 2016. Cómo afecta el pH al agua. Culiacán, México. Disponible desde internet en: <http://japac.gob.mx/2016/06/20/descubre-como-afecta-el-ph-al-agua/>



Jaya, F. (2017). Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca. Universidad de Cuenca, Ecuador. 103 p.

Kraemer A. R, Choudhury K. y E. Kampa, 2001. Protecting Water Resources: Pollution Prevention, Thematic Background Paper – International Conference on Freshwater Bonn 2001, Secretariat of the International Conference on Freshwater Bonn 2001 (Ed) Bonn, 2001, ([http://: www.water-2001.de](http://www.water-2001.de))

Minambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Decreto 1076 de 2015. "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". Bogotá. 654 p.

Montoya, Y. 2008. Variaciones nictemerales de algunas variables climáticas, físicas y químicas en una laguna somera en Guatapé (Antioquia), Colombia Actual. Biol., 30 (88): 83-96.

Navas, G. R., S. Zea y N. H. Campos. 2002. Comparación de los flujos de nitrógeno y fósforo inorgánicos disueltos en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano, obtenidos a partir de cámaras de incubación in situ e incubación de núcleos de sedimento en laboratorio. Ecología, 26 (101): 519-531.



RED MAPSA. 2007. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Oxígeno Disuelto. Versión 1.0. 3 p.

Romero, B., J. Luna y W. Ponce. 2011. Calidad sanitaria de las fuentes afluentes hídricas de la cuenca baja del río Manzanares, Santa Marta, Colombia. Revista Intropica. 6:51-62.

Sánchez, R. M. y S. Zea. 2000. Metabolismo del nitrógeno y fósforo inorgánicos disueltos en la columna de agua en una laguna costera tropical (Caribe colombiano). Carib. J. Sci., 36 (1-2): 127-140.

Severiche, C., A. Barreto y R. Acevedo (2013). Efecto de las lluvias sobre la Calidad del Agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Avances Investigación en Ingeniería Vol. 10, No. 1.

Vivas-Aguas, J.L., L. Espinosa, J. Sánchez, B. Cadavid, P. Bautista, M. Quintero, J. Betancourt, J. Parra, L. Parra, I. Cuadrado y K. Ibarra. 2012. Diagnóstico y Evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. Informe técnico 2012. Invemar, Santa Marta. 310 p.

Vivas-Aguas, L., L. Espinosa y L. Parra (2013). Identificación de fuentes terrestres de contaminación y cálculo de las cargas de contaminantes en el área de



influencia de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano.
Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 42(1). pp. 7-30.

Vivas-Aguas, L.J., K. Ibarra, J. Sánchez, M. Martínez, Y. Nieto, Y. Moreno, I. Cuadrado, P. Obando, O. Garcés, D. Sánchez, M. Villarraga y O. Sierra. 2015. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de publicaciones del Invemar No. 4 (2015). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM). Informe Técnico 2014, INVEMAR, Santa Marta. 320 p.

ANEXO A. APOYO A VISITAS ACADÉMICAS





ANEXO B. SALIDA DE CAMPO A LA ISLA SALAMANCA





ANEXO C. SALIDA DE CAMPO REDCAM MAGDALENA (RÍO DON DIEGO – RÍO CÓRDOBA)









